



Rui Amaro Martins

Licenciado em Engenharia Civil

Aplicação da Realidade Aumentada à educação e treino na Engenharia Civil, Arquitectura e construção

Dissertação para obtenção do Grau Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Nuno Cachadinha, Professor Doutor, FCT-UNL

Presidente: Prof. Doutor João Rocha de Almeida

Vogal: Prof. Doutora Maria de Fátima Farinha Silva Marques Tavares Farinha



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março de 2014



Rui Amaro Martins

Licenciado em Engenharia Civil

Aplicação da Realidade Aumentada à educação e treino na Engenharia Civil, Arquitectura e construção

Dissertação para obtenção do Grau Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Nuno Cachadinha, Professor Doutor, FCT-UNL

Presidente: Prof. Dr. João Rocha de Almeida

Vogal: Prof. Doutora Maria de Fátima Farinha Silva Marques Tavares Farinha



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março de 2014

‘Copyright’ Rui Amaro Martins, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar por agradecer ao orientador da presente dissertação, Prof. Dr. Nuno Cachadinha, por todo o apoio e tempo disponibilizado.

Queria também agradecer à minha família nomeadamente ao meu pai, Ricardo Martins, visto ser a minha maior referência e incentivo para transpor os meus limites, lembrando-me constantemente do caminho a tomar. À minha mãe, Maria de Lurdes Amaro, pela amizade cumplicidade e orgulho que sempre teve em mim. Às minhas tias e avós por toda a ajuda que me deram, onde tenho que realçar a minha tia, Paula Martins, pela qual tenho a maior estima.

Queria ainda agradecer à minha namorada, Rita Horta, que me acompanhou desde o princípio nos bons e maus momentos, tornando-se o pilar da minha existência. Os mais sinceros agradecimentos para os meus amigos pelo apoio dado ao longo do meu percurso académico, onde tenho que destacar: Hugo Maduro, Miguel Tareco, Luís Machado, Luís Palma, Rafael Pereira, Marco Gonçalves, André Henriques, Diogo Brito, Bruno Lino, João Brás, Rafael Guerreiro e João Campos.

Por fim queria agradecer a todos os alunos que participaram na experiência, pois sem os quais não era possível realizar este estudo. O meu sincero obrigado pela especial colaboração ao professor, Fernando Pinho, por ter facilitado o contacto com os alunos, e à Carla Teixeira, da secretaria da Faculdade de Ciências e Tecnologias, por facilitar aos alunos a entrega dos questionários.

RESUMO

Sabendo que existe desconhecimento sobre a aplicação da Realidade Aumentada (RA) à educação no sector da Arquitectura, Engenharia, Construção (AEC), a presente dissertação visa responder à seguinte questão central de investigação: quais os benefícios, limitações e requisitos da implementação da RA na educação dos profissionais da construção?

A presente dissertação tem pois como objectivo intermédio propor e avaliar experimentalmente bases para um novo sistema de ensino, no qual parte da interacção professor aluno é feita através da tecnologia de RA. Para tal, foi necessário modelar imagens de RA, com vista a poder apresentar a matéria em estudo e conseguir avaliar as diferenças cognitivas entre aprender temas de engenharia civil, arquitectura e construção pelos métodos tradicionais e através da RA.

Com o intuito de obter os dados da forma mais coerente e consistente possível, a presente dissertação tomou como método de investigação um estudo confirmatório através de uma estratégia de Pesquisa Quantitativa Positivista (PQP) com uma técnica de abordagem baseada numa simulação experimental, na qual se avaliaram os resultados das diferenças cognitivas através dos métodos indirecto objectivo, indirecto subjectivo. Para a análise de dados recorreu-se ao método misto, em que para a análise de dados quantitativos se optou por uma abordagem com base na estatística inferencial.

Os resultados obtidos confirmaram que a RA como elemento de apoio à educação é uma ferramenta pedagógica viável, visto que os resultados do teste relativos a todos os estratos da amostra referente ao grupo experimental são substancialmente mais elevados em comparação com os alunos aos quais foi leccionada a matéria pelos métodos tradicionais; os resultados do NASA-TLX mostraram que o grupo experimental realizou um esforço cognitivo menor na realização do teste em comparação com o outro grupo; por fim os resultados qualitativos demonstraram que o grupo experimental exibiu um elevado interesse por esta tecnologia, exprimindo a sua vontade para que esta fosse implementada no ensino.

Termos chave:

RA - Realidade Aumentada

PQP - Pesquisa Quantitativa Positivista

AEC - Arquitectura, Engenharia, Construção

NASA-TLX - National Aeronautics and Space Administration – Task Load Index

ABSTRACT

Today's technology allows us to revolutionize education by presenting contents in 3D, thus allowing us to grasp the information in a natural way by bringing it closer to the full capabilities of our vision. Augmented Reality (AR) combines reality with virtual objects and information, making visualization and learning easier and more intuitive.

There is scarce knowledge about the application of AR in education and training for the AEC sector. Thus this thesis aims to answer the following research question: what are the benefits, limitations and requirements of the implementation of AR in the education of construction professionals?

This study sets out to, pave the way for a new education system, in which part of the student-teacher interaction is done through AR technology, and to experimentally evaluate this system based on: a) the modelling of AR imaging, b) applying it in three case study learning sequences of civil engineering, architecture and construction contents, and c) analyzing the cognitive differences obtained to traditional methods.

In order to obtain coherent and consistent data, a confirmatory research strategy was adopted, based on Quantitative Positivist Research (QPR), and experimental simulation, which assessed the results of cognitive differences using objective indirect methods, subjective indirect methods. Mixed method was used for data analysis, where the quantitative data analysis was based on inferential statistics.

The results confirmed that RA applied to education is a useful learning tool, since the test results for all the strata of the sample related to the experimental group are substantially higher compared with students who were taught by traditional methods; the NASA-TLX results showed that the experimental group had a lower cognitive effort in the resolution of the test in comparison with the other group; Finally the qualitative results showed that the experimental group demonstrated a high interest in this technology, expressing their desire for this to be implemented in education. Through this study it can be concluded that the use of AR in teaching AEC simplifies the work of teachers and enhances student outcomes.

Keywords:

AR – Augmented Reality

PQP - Quantitative Positivist Research

AEC - Architecture, Engineering, Construction

NASA-TLX - National Aeronautics and Space Administration – Task Load Index

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	MOTIVAÇÃO	2
1.2.	PROBLEMÁTICA.....	3
1.3.	HIPÓTESES DE ESTUDO	4
1.4.	OBJECTIVOS	4
2.	ESTADO DO CONHECIMENTO.....	5
2.1.	TEORIA DO AJUSTE COGNITIVO	5
2.2.	TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÉDIA	6
2.3.	TEORIA DA CARGA COGNITIVA	8
2.3.1.	<i>Esquemas cognitivos.....</i>	<i>8</i>
2.3.2.	<i>Memória de trabalho</i>	<i>8</i>
2.3.3.	<i>Sistema de processamento de informação.....</i>	<i>9</i>
2.3.4.	<i>Tipos de carga cognitiva</i>	<i>10</i>
2.4.	DIFERENÇAS COGNITIVAS ENTRE HOMENS E MULHERES	10
2.5.	DIFERENÇAS COGNITIVAS NA PERCEPÇÃO DE IMAGENS 2D E 3D	12
2.6.	REALIDADE AUMENTADA APLICADA À EDUCAÇÃO	13
2.7.	REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO ENSINO DA ENGENHARIA CIVIL.....	14
2.8.	ONDE SERÁ MAIS VANTAJOSO INTRODUIR A RA NO ENSINO DA ENGENHARIA CIVIL	15
2.8.1.	<i>Compreensão dos processos construtivos</i>	<i>15</i>
2.8.2.	<i>Conceitos teóricos complexos</i>	<i>17</i>
2.8.3.	<i>Visualização do fluxo de trabalho</i>	<i>18</i>
3.	METODOLOGIA.....	21
3.1.	ESCOLHA DA METODOLOGIA.....	21
3.1.1.	<i>Tipo de estudo.....</i>	<i>21</i>
3.1.2.	<i>Estratégia de pesquisa.....</i>	<i>21</i>
3.1.3.	<i>Técnica de abordagem.....</i>	<i>23</i>
3.2.	ESCOLHA DA AMOSTRA.....	23
3.3.	MÉTODOS UTILIZADOS PARA MEDIR A CARGA COGNITIVA E A CARGA DE TRABALHO.	25
3.3.1.	<i>Método indirecto subjectivo</i>	<i>25</i>
3.3.2.	<i>Método indirecto objectivo.....</i>	<i>25</i>

3.3.3.	NASA-TLX (“National Aeronautics and Space Administration” – “Task Load Index”)	25
3.3.4.	Escala de Likert	26
3.4.	ANÁLISE DE DADOS	26
3.5.	MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO	28
3.6.	FASES DE DESENVOLVIMENTO	28
3.6.1.	Fase 1 - Concepção de um novo sistema de ensino	28
3.6.2.	Fase 2 – Modelação das imagens de RA	28
3.6.3.	Fase 3 – Apresentação da matéria através da RA	29
3.6.4.	Fase 4 – Realização do teste, NASA-TLX e questionário aos grupos experimental e de controlo	29
3.6.5.	Fase 5 – Estruturação e análise dos resultados obtidos	29
3.6.6.	Fase 6 – Avaliação das hipóteses de estudo	29
3.7.	AMOSTRA	29
3.8.	TESTE	30
3.9.	NASA-TLX	30
3.10.	QUESTIONÁRIO	30
3.11.	MÉTRICAS	31
4.	SISTEMA PROPOSTO E SUA AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL	33
4.1.	SISTEMA DE ENSINO PROPOSTO	33
4.2.	MÉTODO TECNOLÓGICO DE IMPLEMENTAÇÃO	34
4.2.1.	Concepção do sistema	35
4.2.2.	Propósito do sistema	36
4.3.	AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL	37
4.3.1.	Modelação das imagens de RA	37
4.3.2.	Participantes	41
4.3.3.	Realização do teste e questionários ao grupo de controlo	42
4.3.4.	Realização da experiência, teste e questionários ao grupo experimental	43
5.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	45
5.1.	CRUZAMENTO DOS RESULTADOS	45
5.1.1.	Cruzamento dos resultados relativos ao teste	46
5.1.2.	Cruzamento dos resultados relativos ao NASA-TLX	47
5.1.3.	Cruzamento dos resultados relativos ao Questionário	48
5.2.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	57
5.3.	OBJECTIVOS PROPOSTOS NÃO ATINGIDOS	59

6.	CONCLUSÕES.....	61
6.1.	FUTUROS CAMPOS DE PESQUISA	62
7.	BIBLIOGRAFIA	65
8.	ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – MODELO GERAL DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS (VESSEY, 2006)	5
FIGURA 2.2 - GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE A UTILIZAÇÃO DE PALAVRAS E GRÁFICOS E SÓ PALAVRAS	6
FIGURA 2.3 -GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE A UTILIZAÇÃO DE ELEMENTOS GRÁFICOS COM ÁUDIO E ELEMENTOS GRÁFICOS COM TEXTO	7
FIGURA 2.4 - COMPONENTES DA MEMÓRIA DE TRABALHO (BADDELEY E HITCH, 2007).....	9
FIGURA 2.5 - SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO (BADDELEY E HITCH, 2007).....	9
FIGURA 2.6 - ESQUEMA COGNITIVO PARA UMA APRENDIZAGEM EFICIENTE.....	10
FIGURA 2.7 - MATÉRIAS ONDE OS ALUNOS ENCONTRAM MAIORES DIFICULDADES (MONTFORT, 2011).....	18
FIGURA 3.1 - ENQUADRAMENTO DE (MYERS, 1997).....	22
FIGURA 3.2 - HIPÓTESES CONSIDERADAS PARA A ESCALA DE LIKERT.....	26
FIGURA 4.1 - ESQUEMA RELATIVO AO PROCESSO DE APRENDIZAGEM E PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO	34
FIGURA 4.2 - MARCADOR	35
FIGURA 4.3 – MÉTODO TECNOLÓGICO DE IMPLEMENTAÇÃO	36
FIGURA 4.4 - IMAGEM VIRTUAL RELATIVA À SAPATA ISOLADA.....	37
FIGURA 4.5 - IMAGEM VIRTUAL RELATIVA A UMA DAS ETAPAS DO PROCESSO CONSTRUTIVOS DE UMA SAPATA ISOLADA	38
FIGURA 4.6 - IMAGEM VIRTUAL RELATIVA À PAREDE DUPLA COM ISOLAMENTO TÉRMICO E CAIXA-DE-AR	38
FIGURA 4.7 - IMAGEM VIRTUAL RELATIVA AO PORMENOR DA CALEIRA, TUDO PARA DRENAGEM DE ÁGUAS E SERAPILHEIRA	39
FIGURA 4.8 - IMAGEM VIRTUAL RELATIVA À COBERTURA TRADICIONAL EM MADEIRA COM ASNA SIMPLES.....	39
FIGURA 4.9 - IMAGEM DE RA RELATIVA À SAPATA ISOLADA	40
FIGURA 4.10 - IMAGEM DE RA RELATIVA À PAREDE DUPLA COM CAIXA-DE-AR	40
FIGURA 4.11 - IMAGEM DE RA RELATIVA À COBERTURA TRADICIONAL EM MADEIRA COM ASNA SIMPLES.....	40
FIGURA 4.12 - REALIZAÇÃO DO TESTE E QUESTIONÁRIOS	42
FIGURA 4.13 - REALIZAÇÃO DO TESTE E QUESTIONÁRIOS	42
FIGURA 4.14 - REALIZAÇÃO DA EXPERIÊNCIA, IMAGEM DA PAREDE DUPLA COM CAIXA-DE-AR...	43
FIGURA 4.15 - REALIZAÇÃO DA EXPERIÊNCIA, IMAGEM DA COBERTURA TRADICIONAL EM MADEIRA	44

FIGURA 5.1 - NÚMERO DE ALUNOS	45
FIGURA 5.2 - PERCENTAGENS RELATIVAS AS RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS.....	46
FIGURA 5.3 - DISPERSÃO DOS VALORES DA MÉDIA PONDERADA RELATIVOS AO NASA-TLX.....	47
FIGURA 5.4 - VALORES MÉDIOS DA MÉDIA PONDERADA	47
FIGURA 5.5 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 1ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO	48
FIGURA 5.6 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 2ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO	49
FIGURA 5.7 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 3ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO	49
FIGURA 5.8 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 4ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO	50
FIGURA 5.9 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 5ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO	50
FIGURA 5.10 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 6ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO	51
FIGURA 5.11 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 7ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO	51
FIGURA 5.12 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 8ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO	52
FIGURA 5.13 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 9ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO	52
FIGURA 5.14 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 10ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO ..	53
FIGURA 5.15 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 11ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO ..	53
FIGURA 5.16 . CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 12ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO ..	54
FIGURA 5.17 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 13ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO ..	54
FIGURA 5.18 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 14ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO ..	55
FIGURA 5.19 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 15ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO ..	55
FIGURA 5.20 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 16ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO ..	56
FIGURA 5.21 - CRUZAMENTO DAS RESPOSTAS RELATIVAS À 17ª PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO ..	56
FIGURA 5.22 - ESBOÇOS REALIZADOS PELOS ALUNOS AOS QUAIS FOI LECCIONADA A MATÉRIA PELOS MÉTODOS TRADICIONAIS	58
FIGURA 5.23 - ESBOÇOS REALIZADOS PELOS ALUNOS AOS QUAIS FOI APRESENTADA A MATÉRIA ATRAVÉS DA RA.....	58

1. INTRODUÇÃO

Actualmente a maioria dos professores dependem dos métodos tradicionais de ensino que incluem o uso do quadro-negro, textos explicativos e apresentações de computador, estando estes preenchidos com muitas palavras e com poucos elementos visuais. Tais métodos estão obsoletos, não conseguindo preparar os alunos para lidar com a complexidade de projectos reais devido à falta de experiência (Behzadan e Kamat, 2012).

As tecnologias de informação e comunicação desempenham um papel importante na formação dos alunos, aumentando o seu acesso à informação, enriquecendo o ambiente de aprendizagem, assim como eleva a colaboração entre alunos e a motivação destes (Margetis et al, 2012).

Sabendo que o mundo real e virtual são completamente distintos, estes não precisam ser necessariamente antagónicos, podendo ser complementares ou bidireccionais. As experiências do mundo real podem ser utilizadas para enriquecer o mundo virtual puramente sintético, assim como a informação/dados do mundo virtual pode ser usada para enriquecer uma experiência existente no mundo real (Muramoto e Huynh, 2012).

Uma das tecnologias que podemos utilizar para enriquecer o mundo que nos rodeia é a realidade aumentada (RA), uma vez que esta combina a realidade com informações e objectos virtuais, disponibilizando informações em simbiose com o meio ambiente (Salmi et al, 2012).

A RA tem encontrado aplicações nas mais diversas áreas, como, o desporto, jogos, marketing, publicidade, aprendizagem, indústria, assim como para aplicações médicas e de engenharia. Estão sendo desenvolvidas novas aplicações quase diariamente. A sua capacidade para fornecer alta intuição no usuário e a relativa facilidade de implementação superou a Realidade virtual, que foi um dos impactos mais notáveis na década de 1990 (Nee et al, 2012).

Nos últimos anos, a grande disseminação de jogos de computador 3D e filmes baseados em computação gráfica 3D levou a familiaridade generalizada das pessoas com as tecnologias 3D. As jovens gerações exigem portanto experiências semelhantes na educação. Neste contexto, a tecnologia RA podem oferecer uma grande ajuda para as instituições de ensino, de modo a estas aumentarem a atractividade do ensino, proporcionando assim uma maior motivação da parte dos alunos para a aprendizagem (Wojciechowski e Cellary, 2013).

A combinação de RA com o conteúdo educacional cria um novo tipo de aplicações automatizadas que agem para melhorar a eficácia e atracção pelo ensino e aprendizagem (Kesim 2 Ozarslan, 2012), confirmado num estudo realizado a professores e alunos (Salmi et al, 2012).

Quando devidamente implementada, a informática tem um efeito significativo sobre o estudante, a RA estimula o aumento da interacção professor/aluno, incentivando a aprendizagem cooperativa, a colaboração, a resolução de problemas e a capacidade de consulta dos estudantes. O que é essencial é tornar a tecnologia omnipresente no processo de aprendizagem e personalizá-

lo com base nas necessidades individuais dos estudantes e dos estilos de aprendizagem (Behzadan et al, 2011). A experiência educacional oferecida pela RA é diferente por uma série de razões como (Billinghurst, 2002) mencionou:

- Apoio e interacção directa entre ambientes reais e virtuais;
- O uso de uma tecnologia de interface tangível para a manipulação de objectos;
- A capacidade de uma transição suave entre a realidade e a virtualidade.

1.1. Motivação

Actualmente, ao contrário de várias outras áreas científicas, a engenharia ainda depende fortemente da instrução tradicional, sendo grande parte do seu conteúdo teórico, isto leva a que a maioria dos estudantes fique com um conhecimento abstracto dos assuntos leccionados. No caso concreto dos estudantes de engenharia civil, este facto torna-se ainda mais relevante visto que estes precisam desenvolver capacidades sociais como, pensamento crítico, capacidade de tomar decisões, colaboração e liderança, assim como capacidades técnicas, com vista a serem competentes na nova era digital (Behzadan e Kamat, 2012).

Os procedimentos precisam evoluir tendo em conta o elevado perfil tecnológico que a maioria dos estudantes mostra. Em alguns casos, o ensino desactualizado cria barreiras nos alunos que estão mais acostumados a interagir com as modernas tecnologias, gadgets e computadores do que com o tradicional papel (Martin-gutierrez et al, 2012).

Investigadores sugeriram que a tecnologia de RA aplicada à educação poderia fornecer aos alunos um ambiente de aprendizagem mais envolvente e cativante, sem diminuir a autenticidade do mundo real (Lin et al, 2013).

Estudos anteriormente realizados em ambientes lectivos demonstraram que a tecnologia promove atitudes positivas e aumenta a motivação pela aprendizagem (Kulik, 1994; Schacter, 1999; Sivin-Kachala, 1998).

Existe nos dias de hoje um consenso entre cientistas, investigadores e professores em relação ao quão importante é a motivação para a aprendizagem. Os alunos mais motivados a aprender, são os mais propensos a envolver-se, persistir, e esforçar-se para a conclusão de uma determinada tarefa, em comparação com os que estão menos motivados (Di Serio et al, 2013).

À medida que a falta de recursos aumenta e o seu consumo é cada vez mais um problema, a RA pode vir a resolver este problema, assim como, diminui as despesas de educação (El Sayed et al, 2011).

A usabilidade, disponibilidade e os preços da tecnologia de RA estão a fazer com que esta esteja em breve disponível para as rotinas diárias de educação. Assim, o dinheiro e a tecnologia deixaram de ser os factores limitadores, passando estes a ser os recursos mentais dos alunos (Salmi et al, 2012).

1.2. Problemática

Os recentes avanços no desenvolvimento de conceitos pedagógicos, aplicações e tecnologias, em simultâneo com o esforço feito para diminuir os custos do hardware, resultou num uso disseminado de sistemas móveis de pequena escala na educação. Um destes sistemas é a aplicação da tecnologia de RA que visa transformar a aprendizagem actual, fazendo com que os alunos aprendam visualizando imagens aumentadas em 3D, e interajam num ambiente repleto em tecnologia (Behzadan et al, 2011). Podendo também este ambiente virtual ser proporcionado pela realidade virtual (RV), sendo expectável que na educação, seja a RA o caminho a seguir (El Sayed et al, 2011).

Mais recentemente, os investigadores têm mudado a sua atenção para aplicações de RA em dispositivos portáteis, como os telemóveis, sendo que a utilização destas na educação está a aumentar rapidamente (Lin et al, 2013).

Os instrutores devem ter a oportunidade de combinar a tecnologia com modelos emergentes de ensino e aprendizagem para transformar a educação. Torna-se assim necessário introduzir instrutores para orientar e facilitar o uso da tecnologia, na educação (Behzadan et al, 2011).

Com o fim de alcançar soluções mais realistas, precisa-se projectar e coordenar um projecto de pesquisa multidisciplinar para melhorar o conteúdo e os ambientes. Os educadores devem trabalhar com pesquisadores para desenvolver interfaces de realidade aumentada. Software e tecnologias de hardware desempenham um papel importante e fundamental para a produção de aplicações de realidade aumentada (Kesim e Ozarslan, 2012).

A compreensão das vantagens de aprender com o real em fusão com o virtual, está ainda a dar os primeiros passos. Os pesquisadores devem abordar mais especificamente a utilidade da RA numa perspectiva psicológica (Bujak et al, 2013).

É portanto útil determinar as actividades de aprendizagem onde a tecnologia RA pode proporcionar maiores benefícios (Di Serio et al, 2013), visto que a maioria dos sistemas de RA foram projectados para o ensino da ciência e da matemática. Pesquisas futuras requerem o desenvolvimento de conteúdo educacional de RA para outros temas de aprendizagem (Wu et al, 2013).

O estudo sobre a atitude dos alunos em relação a ambientes de aprendizagem RA é apenas o primeiro passo para a disseminação da tecnologia de RA na educação. Pesquisas futuras devem concentrar-se em saber se os estudantes estão realmente a adquirir conhecimento e em que medida esse conhecimento de conceitos e processos apresentados nos ambientes de RA é melhorado. Ainda, um estudo comparativo experimental, deve ser realizado para determinar se os alunos ensinados com o uso da RA, atingem resultados significativamente melhores em comparação com um grupo de controlo ensinados usando os métodos tradicionais (Wojciechowski e Cellary, 2013).

Pesquisas futuras devem utilizar métodos mistos de análise, através de testes e questionários feitos a alunos, com o objectivo de compreender com maior clareza os benefícios da introdução da RA no ensino e como esta se relaciona com o usuário (Lin et al, 2013).

Tendo em conta o referido anteriormente, conclui-se que a lacuna de investigação é:

- Desconhecimento sobre a aplicação da RA na educação no sector da AEC.

Sendo esta a lacuna a explorar, torna-se necessário definir quias as vantagens da sua aplicação neste sector, assim como por onde será mais rentável começar. Deste modo a presente dissertação tomará a seguinte questão central de investigação:

- Quais os benefícios, limitações e requisitos da implementação da RA na educação dos profissionais da construção?

1.3. Hipóteses de estudo

Com vista a querer aperfeiçoar os métodos de ensino, a presente dissertação pretende aplicar a RA ao ensino da engenharia civil, tendo para isso as seguintes hipóteses de estudo:

I - A compreensão dos processos construtivos associados à área das tecnologias da construção é melhorada através da RA;

II - A diferença do desempenho na velocidade e capacidade de apreensão da matéria entre os alunos com melhores e piores médias esbate-se, em resultado da melhoria de desempenho dos alunos com piores médias;

III - A RA como ferramenta auxiliar de ensino vem reduzir as diferenças na aprendizagem entre homens e mulheres, fazendo com que ambos atinjam o mesmo nível de conhecimento.

1.4. Objectivos

A presente dissertação definiu os seguintes objectivos:

Propor e avaliar experimentalmente um novo sistema de ensino no qual, parte da interacção professor aluno é feita através da tecnologia de RA;

Modelar imagens de RA;

Testar o conhecimento dos alunos que aprenderam a matéria através dos métodos tradicionais e RA;

Qualificar a tecnologia de RA como ferramenta auxiliar de ensino através da opinião dos alunos;

Avaliar as diferenças cognitivas entre aprender temas de engenharia civil pelos métodos tradicionais e RA.

2. ESTADO DO CONHECIMENTO

É importante começar por definir três aspectos essenciais da aprendizagem, como a Teoria do Ajuste Cognitivo, a Teoria da Carga Cognitiva e a Teoria da Aprendizagem Multimédia. Estas teorias são fundamentais uma vez que ajudam a otimizar as capacidades de aprendizagem do ser humano, adequando-o à aprendizagem do século XXI.

2.1. Teoria do ajuste cognitivo

Esta teoria foi desenvolvida por Iris Vessey em 1991. A teoria propõe que a correspondência entre tarefas e a forma como é apresentada a informação leva a um melhor desempenho da tarefa pelo usuário individual.

De acordo com Vessey (2006) "A correspondente representação de tarefas leva à utilização de processos de resolução semelhantes, e portanto, à formulação de uma representação mental consistente. Assim, a resolução de problemas, com o ajuste de desempenho cognitivo leva a resolução de problemas de forma mais eficaz e eficiente".

Esta teoria é válida pelo seu sucesso em explicar os resultados de estudos publicados que analisam o desempenho das representações gráficas e tabulares na tomada de decisões (Vessey, 2006).

A figura 2.1 apresenta o modelo geral de resolução de problemas que incorpora as noções de cognição distribuída. Tomemos como exemplo, a tarefa de compreender um software, esta é influenciada por o próprio software (External Problem Representation) e o conhecimento existente no domínio mental sobre o software (Internal Representation of the Problem Domain), bem como a tarefa necessária para resolver o problema (Problem-Solving Task). Assim o desempenho na resolução de problemas depende destes três factores, sendo que quanto melhor for a representação mental do problema, melhor será a performance ao resolve-lo.

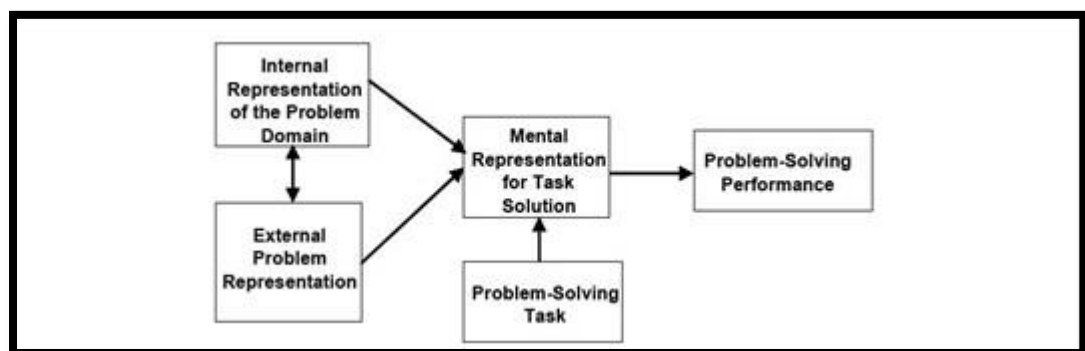


Figura 2.1 – Modelo geral de resolução de problemas (Vessey, 2006)

2.2. Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimédia

Construir novo conhecimento é um processo complexo, tanto pela capacidade limitada da memória de longo prazo como pela importância que o conhecimento prévio assume para a aquisição de novos conceitos (Potelle e Rouet, 2003).

Que lugar pode ocupar a tecnologia na melhoria da aprendizagem? Segundo Mayer, a tecnologia e a aprendizagem centrada no aluno podem potenciar os processos de cognição humana, ou seja, podem significar uma melhoria na solução de problemas. Mayer (2003) traçou uma Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimédia. Esta teoria considera, dois canais de recepção de informação, um canal auditivo e um visual, processada pela memória de trabalho e posteriormente integrada com o conhecimento prévio, ou seja, na memória de longo prazo.

Segundo Mayer existem três processos cognitivos gerais na aprendizagem: selecção, organização e integração. Estes processos estão directamente relacionados com a memória sensorial, de trabalho e a de longa duração, respectivamente. Mayer refere que ocorrerá uma aprendizagem mais eficaz quando os dois canais (visual e verbal) estão activos, i.e., apresentando texto/imagem com narração ou vídeo conjuntamente.

A ideia central deste autor reside numa associação eficiente de diferentes meios, respeitando os princípios abaixo citados, de forma a diminuir o esforço cognitivo - ou seja, a carga cognitiva - aumentando assim, os êxitos nos contextos de aprendizagem.

Princípio Multimédia

O princípio multimédia afirma que a informação verbal e gráfica combinada produz melhores resultados que apresentando cada uma individualmente, como se pode observar pela figura 2.2, devendo a informação gráfica ser relevante à informação verbal.

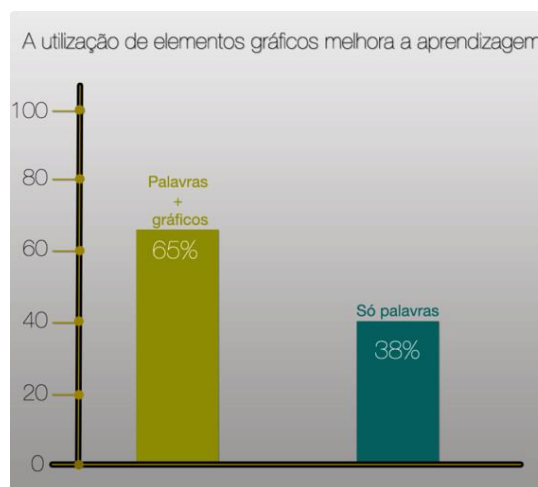


Figura 2.2 - Gráfico comparativo entre a utilização de palavras e gráficos e só palavras

Princípio da Coerência

O princípio da coerência postula que as mensagens devem ser claras e coerentes e, por isso, devem excluir informações estranhas e/ou irrelevantes.

Princípio da Modalidade

O princípio da modalidade refere que, na generalidade, aprende-se melhor a partir de animações e narrações do que de animações e texto no mesmo ecrã, como se pode observar pela figura 2.3.

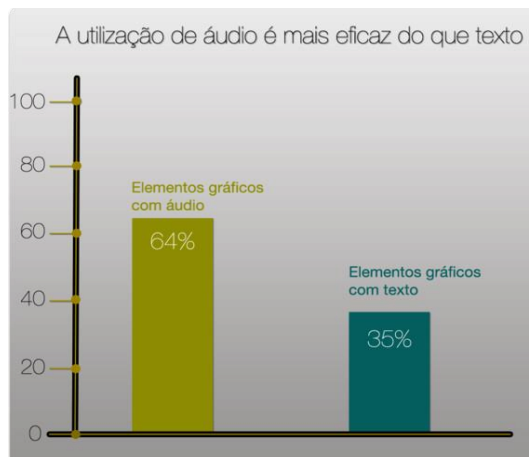


Figura 2.3 -Gráfico comparativo entre a utilização de elementos gráficos com áudio e elementos gráficos com texto

Princípio da Redundância

O princípio da redundância refere que a aprendizagem é mais eficaz quando se utiliza elementos gráficos e narração do que quando são utilizados elementos gráficos, áudio e texto escrito.

Princípio da Contiguidade Espacial

O princípio da contiguidade espacial refere que a informação verbal e gráfica deverá estar próxima e não separada (mesmo ecrã; mesma página)

Princípio da Contiguidade Temporal

O princípio da contiguidade temporal refere que a informação verbal e gráfica deverá ocorrer o mais sincronicamente possível (imagem e som simultaneamente).

Princípio da Personalização

O princípio da personalização afirma que a aprendizagem é mais profunda quando se utiliza um estilo coloquial em vez de um estilo formal.

Princípio das Diferenças Individuais

O princípio das diferenças individuais afirma que os efeitos do design instrucional têm mais impacto em alunos com poucos conhecimentos e com elevada orientação espacial do que em alunos com pouca orientação espacial.

2.3. Teoria da carga cognitiva

A teoria da carga cognitiva tornou-se nos últimos 25 anos uma das principais teorias do mundo do design instrucional. Esta fundamenta que a arquitectura cognitiva humana sustenta-se na diferença da capacidade da memória de trabalho e da memória de longo prazo. A memória de trabalho tem uma capacidade muito limitada, principalmente ao trabalhar com informação nova. De facto, segundo Miller (1956) a memória de trabalho pode armazenar aproximadamente sete elementos e processar entre dois e cinco elementos.

2.3.1. Esquemas cognitivos

A memória de longo prazo tem capacidade ilimitada e a aprendizagem só acontece quando há alterações nas estruturas da memória de longo prazo (Sweller, 2005). Assim sendo, os esquemas cognitivos que compõem a arquitectura cognitiva humana são os responsáveis por esta organização e são explicados pela capacidade tão distinta das duas memórias. Os esquemas - complexos e automatizados - são utilizados para organizar e guardar informação, reduzindo assim a carga na memória de trabalho e permitindo a aprendizagem. Desta forma, perante nova informação e na ausência de esquemas e formas automáticas de organização, a capacidade da memória de trabalho torna-se muito limitada.

A arquitectura cognitiva humana permite que os esquemas sejam utilizados para relacionar, organizar e armazenar informação e conhecimentos, de forma a diminuir a carga da memória de trabalho. Desta forma, vários autores (Merriënboer et al, 2003; 2005) defendem que o design instrucional deve promover a criação destes esquemas cognitivos. A forma como a nova informação será processada na memória de trabalho tem implicações no design instrucional.

2.3.2. Memória de trabalho

A memória de trabalho tem como função não só armazenar temporariamente, mas também manipular a informação. Ao deparar-se com informação nova, a memória de trabalho funciona como um executivo central. É responsável pelo processamento lógico, atua como mecanismo controlador, mobilizando a atenção entre os armazenamentos temporários do canal fonológico e do registo visio-espacial, cujos elementos entram através da memória sensorial. Resumindo, o executivo central controla e coordena a informação dos subsistemas visio espacial e fonológico.

Como se pode observar pela figura 2.4, Baddeley e Hitch (2007) explicam através de um esquema como se relacionam os componentes da memória de trabalho.



Figura 2.4 - Componentes da memória de trabalho (Baddeley e Hitch, 2007)

2.3.3. Sistema de processamento de informação

Quando a memória de trabalho combina a informação do registo visio-espacial e do canal fonológico numa única representação, chama-se episodic buffer, permitindo este a redução da carga cognitiva aquando da nova aquisição de conhecimentos. Representado a cinzento, o conhecimento já arquivado na memória de longo prazo, como se pode observar através do esquema da figura 2.5. Segundo Sweller (2007), Quando nos deparamos com informação desconhecida invocamos a memória de trabalho, que faz de executivo central coordenando os registos dos dois canais, foca a atenção e permite à memória de trabalho responder ou ignorar alguns estímulos; decide ainda, que informação é transmitida para armazenamento na memória de longo prazo.



Figura 2.5 - Sistema de processamento de informação (Baddeley e Hitch, 2007)

2.3.4. Tipos de carga cognitiva

Ao analisar estas implicações na aprendizagem, torna-se necessário compreender três tipos de carga cognitiva:

- Intrínseca: determinada pela natureza da informação, pelo seu nível de complexidade e também pelo grau de experiência do aluno (entenda-se por complexidade o nível de interactividade dos elementos a processar pelo aluno). O designer instrucional deve compreender esta carga, mas não pode modificá-la.

- Pertinente: a carga cognitiva pertinente relaciona-se com a motivação no envolvimento de situações de aprendizagem que promovam a criação de esquemas cognitivos na aquisição de novos conhecimentos, pela forma como organiza e apresenta a informação, assim como facilita analogias que permitam o seu melhor processamento.

- Extrínseca ou estranha: causada pelo uso inadequado de métodos, recursos e estratégias inadequadas. A sobrecarga de elementos visuais e/ou auditivos podem aumentar esta carga e dessa forma impedir a aprendizagem.

Desta forma, os ambientes de aprendizagem devem favorecer a diminuição da carga cognitiva extrínseca ou estranha e aumentar a carga cognitiva pertinente, como se pode observar pelo esquema da figura 2.6.

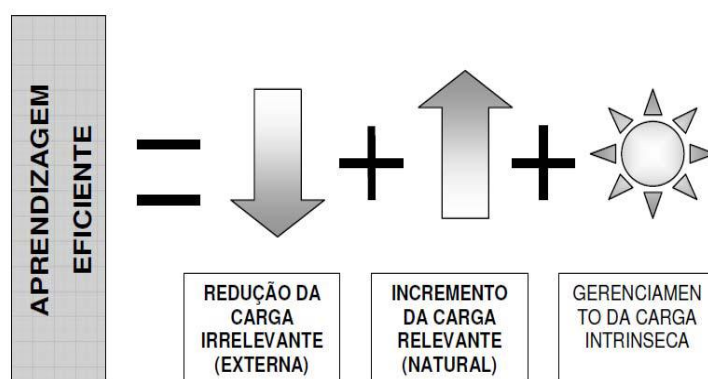


Figura 2.6 - Esquema cognitivo para uma aprendizagem eficiente

2.4. Diferenças cognitivas entre homens e mulheres

Investigar possíveis diferenças no desempenho intelectual em relação ao sexo do indivíduo têm sido uma prática académica habitual desde os primórdios da psicometria. Sendo os seus resultados mal entendidos, provocando estas sérias discussões em diversas esferas sociais. Essa reacção social demonstra a valorização que se dá ao atributo psicológico chamado de inteligência. As diferenças cognitivas, entretanto, em nada impedem que homens e mulheres participem com o mesmo grau de responsabilidade no desenvolvimento sociocultural das suas comunidades porque,

como já foi demonstrado, homens e mulheres não diferem significativamente em relação à inteligência geral (Mendonza, 2000).

O cérebro pode variar de duas maneiras inteiramente diferentes, sendo estas a Conectividade e as propriedades físicas. Isto é, a arquitectura da rede estrutural do cérebro humano. O mapeamento das projecções neurais e a conectividade global desempenham um papel importante na determinação da função cognitiva, estas são determinadas principalmente no início do desenvolvimento, quando a plasticidade cerebral ainda é grande.

O cérebro feminino e masculino tem uma diferença cromossómica inicial que se desdobra numa diferença cognitiva ao longo do desenvolvimento do cérebro, seja ela através do lançamento de esteróide, ou por transcrição de genes localizados nos cromossomas (Boureau 2005).

Silverman e Eals (1992,1994) têm argumentado que "o factor crítico na selecção para o dimorfismo espacial em humanos deveu-se à divisão sexual do trabalho entre caça e colecta, durante a evolução dos hominídeos" (Geary 1995).

As mulheres pré-históricas normalmente navegavam pelo território familiar em busca de alimentos imoveis. Forragear exigiria a capacidade de recordar a localização de uma região específica onde pudesse encontrar alimentos, o que provavelmente privilegiou uma estratégia que envolve o reconhecimento de marcos familiares. Estes tipos de pressões de selecção podem ter levado ao desenvolvimento de um sistema de memória em mulheres que é altamente capaz de se associar um objecto com um determinado local.

Homens pré-históricos predominantemente caçadores, percorriam maiores áreas do que as mulheres, muitas vezes por território desconhecido. A estratégia de navegação mais eficaz seria lembrar a localizações em termos de coordenadas e aprender uma rota no que diz respeito à distância e direcção. Isto pode ter levado ao desenvolvimento de um sistema de memória diferente do das mulheres (James and Kimura 1997).

Um desempenho superior foi demonstrado pelas mulheres nas tarefa que exige a memória de um objecto ou local do mesmo, isto veio desafiar a visão tradicional de que os homens em tarefas de cognição espacial detinham uma capacidade superior (Kimura 1996).

Os homens tem vantagem sobre as mulheres na cognição espacial permitindo-lhes uma melhor percepção de formas dinâmicas, em particular, na capacidade de mentalmente manipular informação em representações tridimensionais, acompanhar o movimento em três dimensões do espaço que o rodeia, navegar e em termos de um entendimento implícito de recursos euclidianos do espaço físico (Geary 1995).

As diferenças entre os sexos no processamento de 2 dimensões são menores ou inexistentes devido aos sistemas neuro cognitivos terem evoluído desde a percepção tridimensional do ambiente que nos envolve para um sistema de representações bidimensionais (Geary, 1995).

(Collaer e Hines, 1995) mostraram através de experiencias que incluíram 374 voluntários saudáveis e 240 pacientes diagnosticados com esquizofrenia, que o sexo modula a cognição, apre-

sentando as mulheres vantagens em relação à memória e velocidade de processamento, enquanto os homens se destacaram na capacidade verbal e em tarefas viso-espaciais (Longenecker et al. 2010).

Num estudo com 113 homens e 123 mulheres todos eles contendo um grau académico elevado e sem apresentarem diferenças significativas ao nível do QI, mostrou que existe uma vantagem masculina no que toca ao raciocínio aritmético (medida pela sua capacidade de resolver os problemas complexos), cognição espacial e na fluência computacional (Geary et al. 2000).

Como foi mostrado por (Baron-Cohen et al, 2005), os homens destacam-se na capacidade de navegação espacial incluindo a leitura de mapas, segmentação, esquematização, são mais propícios a brincar com brinquedos mecânicos e com os filhos, e têm maior pontuação em engenharia e física. Por outro lado, as mulheres apresentam um melhor desempenho nos testes de emoção, reconhecimento, sensibilidade social e fluência verbal, esta está mais interessada em objectos e rostos como o dos bebés; e enquanto criança a mulher começa a falar mais cedo do que o homem (Boureau 2005).

O facto de as mulheres obterem melhores resultados na escola que os homens, deve-se segundo (Pinker e Spelke, 2005) à diferença cognitiva na capacidade de concentração, com as mulheres a prestar mais atenção aos detalhes, enquanto os homens obtêm uma mais visão geral sobre a estrutura subjacente. De grosso modo, as mulheres têm refinado uma abordagem mais microscópica e os homens uma mais abrangente (Boureau 2005).

A atenção viso-espaciais, mudanças de atenção, processos de armazenamento na memória de trabalho, bem como a inibição de estímulos exteriores, fazem parte dos processos mentais envolvidos na execução com sucesso de tarefas que requerem inibição cognitiva.

Estudos demonstram que os homens inibem melhor a sua resposta aos estímulos exteriores do que as mulheres, utilizando estes, recursos neurais diferentes para alcançar um nível comparável de inibição cognitiva (Halari and Kumari 2005).

2.5. Diferenças cognitivas na percepção de imagens 2D e 3D

Tendo como base o conhecimento destas três teorias, podemos então analisar o efeito que as apresentações de imagens 2D e 3D têm sobre a aprendizagem do aluno nos dias de hoje.

Tal como é proposto pela teoria do ajuste cognitivo, as informações tridimensionais são realmente mais eficazes no apoio à compreensão individual comparativamente à apresentação de informação em 2D. De acordo com a teoria da carga cognitiva, a apresentação estática de informações em 3D demonstrou ser mais eficaz no apoio ao entendimento compartilhado e decisão de grupo em comparação com a apresentação de informações em 2D e visualizações em ambiente imersivo 3D (van der Land et al, 2013).

Estudos anteriormente realizados demonstraram uma redução da carga cognitiva quando a temática é leccionada através de ilustrações estáticas em 3D em comparação com animações interactivas em 3D e animações em 2D; contudo os alunos demonstraram maior interesse quando a temática é apresentada através destas últimas duas (Korakakis et al, 2009).

Um melhor desempenho foi demonstrado pelos alunos na compreensão das características dos objectos quando estes são apresentados sob a forma de animações em 3D quando comparadas com imagens estáticas em 2D, sobretudo quando estes objectos são constituídos por características complexas, tais como objectos oblíquos e com superfícies de dupla curvatura (Wu e Chiang, 2013).

2.6. Realidade aumentada aplicada à educação

Estudos anteriormente realizados em ambientes lectivos demonstraram que a tecnologia promove atitudes positivas e aumenta a motivação pela aprendizagem (Kulik, 1994; Schacter, 1999; Sivin-Kachala, 1998).

Existe nos dias de hoje um consenso entre cientistas, investigadores e professores em relação ao quão importante é a motivação para a aprendizagem. Os alunos mais motivados a aprender, são os mais propensos a envolver-se, persistir e esforçar-se para a conclusão de uma determinada tarefa, em comparação com os que estão menos motivados (Di Serio et al, 2013).

O ambiente escolar deve invocar processos cognitivos que são pertinentes para a aprendizagem. A realidade aumentada pode apresentar informações associadas a objectos físicos e locais, levando à melhoria da aprendizagem de associações simbólicas. Além disso, a RA permite aos alunos experimentar simulações interactivas em 3D, levando a uma percepção mais profunda sobre os fenómenos que poderiam ser difíceis de explorar.

As experiências com realidade aumentada estimulam a compreensão de fenómenos invisíveis, convertendo a informação abstracta em objectos concretos, facilitando assim o processo cognitivo (Bujak et al, 2013).

A realidade aumentada como tecnologia de ponta dos dias de hoje aliada à educação, vem aumentar factores como a atenção, confiança e satisfação por parte dos alunos, tal foi demonstrado utilizando um modelo de motivação ARCS (Keller, 1987) (Di Serio et al. 2013).

Alunos afirmaram que um ambiente de aprendizagem através da RA é mais atraente e fácil de entender do que uma aula baseada em slides. Estes resultados foram obtidos através de uma análise qualitativa que forneceu pistas sobre os benefícios da RA no processo ensino-aprendizagem. Detectou-se também um aumento da concentração e memorização durante esta análise. Conclui-se assim que a RA tem um impacto positivo na motivação, levando os alunos a alcançar melhores níveis de interesse em actividades de aprendizagem com menos esforço cognitivo (Di Serio et al, 2013).

Um estudo exploratório com vista a medir a eficácia do uso de um sistema de RA móvel desenvolvido para o apoio à educação, mais concretamente para transmitir o conhecimento aos alunos sobre a colisão elástica, veio revelar que o seu conhecimento em relação a este tema aumentou significativamente (Lin et al, 2013).

Vários estudos realizados demonstraram que os alunos aprenderam rapidamente a usar a tecnologia de RA, mostrando também bastante facilidade em superar os problemas técnicos que surgiram, manifestando o interesse em continuar a usar a RA em outras disciplinas e em casa (Di Serio et al. 2013).

2.7. Realidade aumentada aplicada ao ensino da engenharia civil

Será um desafio separar o papel das inovadoras técnicas de ensino que usam sistemas avançados de informatização e tecnologias que simulam ambientes virtuais de ensino da engenharia (Liarokapis et al, 2004). Ainda assim é imperativo introduzir a RA na educação uma vez que esta pode ser usada eficazmente como uma ferramenta de ensino transformadora com vista a melhorar a qualidade da educação na engenharia e ciência (Behzadan e Kamat, 2012).

Dong et al. (2013) demonstraram que os estudantes aprendem melhor quando os docentes usam representações 3D para ensinar teorias e conceitos de engenharia. Embora os métodos de visualização 3D na forma de modelos CAD 3D/4D (que têm existido sobretudo ao longo da última década), tenham melhorado os métodos de ensino, estes ainda não substituem os meios e ferramentas tradicionais.

Estudos indicam que a integração de visualizações interactivas em 3D no programa educativo da engenharia pode ajudar significativamente os alunos a relacionar conceitos abstractos (principalmente conceitos teóricos) com problemas práticos e reais no terreno. Ao mesmo tempo, é imperativo que as competências adequadas sejam adquiridas com a ajuda de visualizações 3D uma vez que o treino para operar o equipamento e realizar tarefas de engenharia por meio dos métodos tradicionais de ensino leva muito tempo e tem provado ser caro e ineficiente (Messner et al, 2003).

Os livros que combinam a tecnologia de RA com esquemas e textos explicativos são uma forma promissora de fornecer aos alunos de engenharia conteúdos com valor acrescentado quando comparados com o método tradicional, dando uma nova vida à forma como se percebe e realiza exercícios (Gutiérrez et al, 2010).

As grandes vantagens que a RA traz para o processo educativo da engenharia é a facilidade em aprender conceitos visualizando objectos em 3D assim como se reforça a segurança operacional dos estudantes e equipamentos (Behzadan et al, 2011).

2.8. Onde será mais vantajoso introduzir a RA no ensino da engenharia civil

Com vista a introduzir a RA na educação dos profissionais da construção temos em primeiro lugar que definir onde seria mais vantajoso a sua implementação, para isto é necessário encontrar os problemas que professores e alunos enfrentam actualmente no ensino, visto serem estes os usuários finais desta RA. Assim esta dissertação foi conduzida para uma investigação bibliográfica onde se encontraram referências às dificuldades relacionadas com a compreensão dos processos construtivos, conceitos teóricos complexos e visualização do workflow.

2.8.1. Compreensão dos processos construtivos

À medida que os cursos mais práticos são eliminados devido a programas de gestão de orçamento, tempo e problemas de espaço, os alunos perdem o benefício de um processo de educação experiencial. Para os alunos com pouca ou nenhuma experiência no domínio da construção, isso cria um vazio significativo na preparação educacional. Um estudante sem capacidade de visualizar os componentes e sistemas em processos de construção estão em clara desvantagem em relação aos seus pares, com experiência em construção e/ou habilidades de cognição espacial (Glick et al, 2004).

Ao longo dos anos, foram adoptados vários métodos de ensino com vista a ajudar os alunos a compreender melhor um conjunto de detalhes na construção. Muitas técnicas de ensino atuais utilizam vários meios para explicar o processo construtivo de edifícios, tais como desenhos em 2D, desenhos isométricos e de perspectiva, fotografias de processos construtivos e também visitas ao local das obras em construção. Em nenhum desenho apenas com 2 dimensões é possível visualizar todos os detalhes de um edifício (Perdomo et al, 2005).

O desenho bidimensional (2D) em papel é normalmente usado para orientar as tarefas necessárias à montagem de um objecto. Outro tipo de visualização é o manual 3D, este é mais intuitivo, fácil de entender e não precisa necessariamente conter um texto explicativo muito complexo, comparativamente com o manual de montagem em 2D (Hou e Wang, 2013).

Representação em 3D foram usadas para obter modelos que podem simular visualmente as actividades de construção. Estes modelos permitem a visualização da progressão do trabalho, dos detalhes, da forma e de cada componente da construção. Estes apresentaram vantagem como auxiliares de ensino em licenciaturas de engenharia civil (Sampaio e Henriques, 2007).

Adicionar uma terceira dimensão ao visualizar um processo construtivo permite uma visualização mais clarificada de muitos dos detalhes relacionados com os seus componentes, incluindo questões de conectividade (Perdomo et al, 2005).

Os modelos 3D, que incrementam passo a passo o processo construtivo, mostram de forma clara o tipo de conexões entre cada componente de uma construção tradicional e como os ele-

mentos estruturais devem estar relacionados com a configuração da arquitectura (Sampaio e Henriques, 2007).

Qualquer detalhe do processo construtivo precisa ser complementado com plantas, alçados e cortes. Isto é necessário porque apenas duas dimensões são apresentadas em qualquer desenho, tornando-se assim mais fácil perder os detalhes. Componentes em um desenho 2D podem ser expressos como linhas, mas a profundidade de tais componentes não pode ser representada, por conseguinte, a dificuldade para compreender os detalhes aumenta. Quase todos os conjuntos de construção têm muitos componentes interligados e são de diferentes tipos de materiais. É muito difícil diferenciar e representar esses detalhes em desenhos 2D (Perdomo et al, 2005).

Em tarefas de montagem com exigentes níveis de cognição, o treinamento é capaz de influenciar o desempenho pós-treinamento, e reduz a carga cognitiva. A formação através da RA melhora a aprendizagem em tarefas de montagem tanto nos indivíduos do sexo masculino como nos do sexo feminino (Hou e Wang, 2013).

Modelos geométricos tridimensionais (3D), que são utilizados para apresentar obras de engenharia arquitectónica, mostram apenas a sua configuração final, não permitindo a observação do processo de construção. A simulação visual do processo de construção deve ser capaz de produzir mudanças dinâmicas na geometria do projecto, tornando-se assim importante para obter informações úteis com vista a melhorar o planeamento da construção (Sampaio & Henriques 2007).

Perdomo et al. (2005) concluíram que é recomendável introduzir tecnologias de representação 3D com vista a melhorar o ensino na construção civil, sem um investimento significativo em recursos humanos ou até mesmo sistemas de computador, Esta abordagem pode não ser apenas útil para o ensino e aprendizagem institucional, mas também para várias empresas envolvidas em qualquer projecto de construção.

Um estudo realizado pelo UPC-Barcelona-Tech em estudantes de engenharia com mestrado em construção demonstrou que a aplicação da realidade aumentada no ensino dos processos construtivos aumenta o desempenho académico dos mesmos (Riera et al, 2013).

Do ponto de vista do futuro empregador, os alunos que têm bem desenvolvida a capacidade espacial de visualização tendem a ser melhores solucionadores de problemas. A adição de um funcionário tecnicamente competente que pode resolver problemas, é altamente desejável do ponto de vista da entidade patronal. A adição de um método de ensino que pode simular a educação experiencial terá impacto sobre os esforços das entidades patronais, no controle de qualidade, segurança e gestão de obra e produtividade (Glick et al, 2004).

2.8.2. Conceitos teóricos complexos

A mudança ao longo dos anos deveria ter vindo a afastar-se dos métodos numéricos expeditos dando lugar a tópicos que auxiliam a compreensão do comportamento estrutural (Rensburg, 2001).

A compreensão dos alunos sobre conceitos de mecânica dos materiais é limitado pela sua capacidade de compreender, visualizar e explicar os processos microscópicos que resultam em fenómenos observáveis. Um recente estudo, que utilizou o método Delphi, demonstrou que os estudantes apresentam dificuldades na compreensão dos conceitos mais fundamentais e importantes de mecânica dos materiais (Streveler et al, 2006).

Montfort (2011) destacou os seguintes aspectos:

A forma como as tensões dos elementos representadas no círculo de Mohr se relacionam com a realidade física;

As dificuldades que os alunos sentem em modelar mentalmente as interações entre organismos, como as forças que se transmitem entre elementos;

Os desafios que os alunos encontram em relacionar cargas externas com os esforços internos.

Os alunos foram incapazes de relacionar diferentes tipos de esforços (nomeadamente, normal ou tangencial) com condições de carga ou comparar as tensões em diferentes pontos de um elemento (Brown et al, 2007). Os alunos expressaram-se também substancialmente confusos ao tentarem explicar a relação entre cargas, forças internas e tensões (Brown et al, 2008; Brown e Lewis, 2010). A compreensão destes conceitos fundamentais nos alunos de pós-graduação não é significativamente diferente da revelada pelos alunos do segundo ano (Montfort et al, 2007).

Estudos realizados destacam as dificuldades que os estudantes têm em compreender as implicações das estruturas internas dos materiais (Krause et al, 2003; Krause et al, 2004; Kelly et al, 2009).

Os estudantes muitas vezes não conseguem diferenciar entre termos semelhantes, como "força" e "rigidez", independentemente das diferenças teóricas (Kitto, 2007, 2008).

O trabalho de Steif em estática (Dólar e Steif, 2002; Steif, 2002; Steif, 2003; Steif e Dólar, 2003; Steif et al, 2010) sugere que os alunos têm dificuldades fundamentais ao combinar a notação vector com uma compreensão significativa das interações reais que se pretende representar. Em particular, Steif enfatiza o papel do conceito "corpos" em estática (ou seja, os objectos reais que estão em contacto físico) parece melhorar o desenvolvimento da compreensão conceptual (Steif et al, 2010).

A abreviação comum da substituição de objectos físicos por setas, com vista a representar as cargas/forças que esse objecto transmite, centrando posteriormente a análise no outro objecto que está a ser afectado, causa um desequilíbrio de causalidade. Se os alunos são obrigados a igno-

rar a origem da carga externa, estes não serão capazes de utilizá-la como um agente causador nas explicações do processo (Montfort, 2011).

A figura 2.7 mostra os resultados relevantes da revisão da literatura de um estudo de pesquisa que visou encontrar as matérias onde os alunos encontram maiores dificuldades.

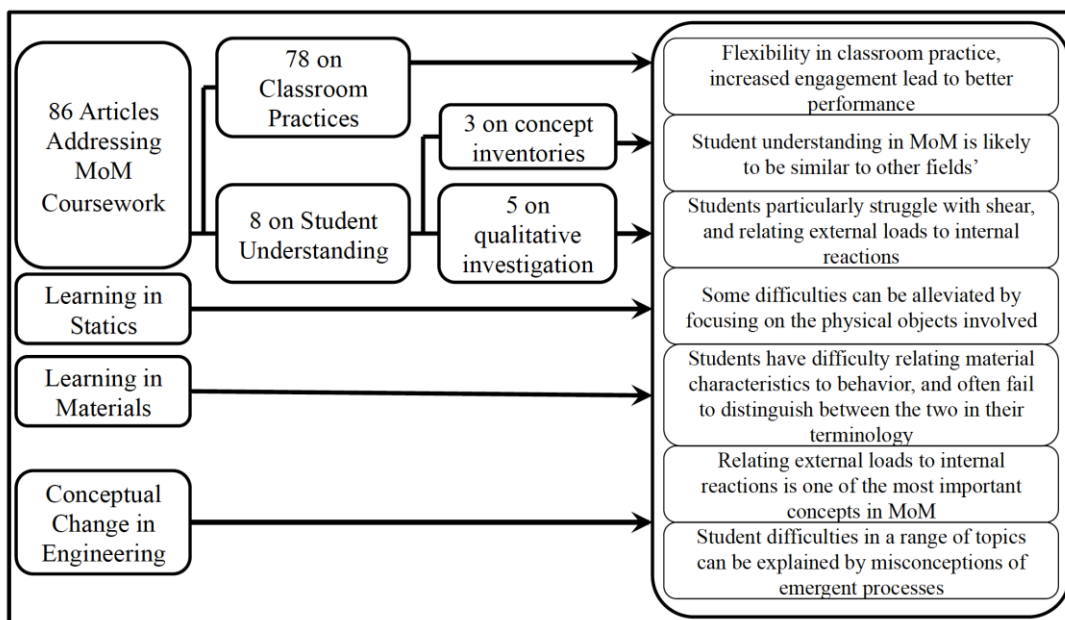


Figura 2.7 - Matérias onde os alunos encontram maiores dificuldades (Montfort, 2011)

2.8.3. Visualização do fluxo de trabalho

O sector da Arquitectura, Engenharia e Construção não tem acompanhado, nos últimos anos, o aumento de produtividade que se tem verificado noutros sectores da Indústria, apesar de sucessivas tentativas para encontrar novas técnicas que permitam diminuir os custos de projecto, aumentar a produtividade e qualidade, e reduzir o tempo de entrega. Uma das causas importantes para este fraco desempenho é a deficiente ou inexistente transmissão de informação entre todos os envolvidos num projecto de construção, em grande parte decorrente da dificuldade em visualizar o processo (Clemente e Cachadinha, 2012).

O fluxo de produção na construção é dificultado pela disparidade entre os objectivos das equipas comerciais individuais e os objectivos do fluxo de produção estável para o projecto como um todo. Isto é exacerbado pela dificuldade em visualizar o fluxo de trabalho num projecto de construção (Sacks et al, 2009).

A visualização dos fluxos de trabalho em projectos de engenharia civil, tais como a construção de estradas e pontes, é praticamente nenhum, pouca é a literatura existente até o momento (Yu et al, 2009).

Em obra, é muito difícil visualizar o fluxo do trabalho em progresso com vista a comunicar o seu estado às equipas e indivíduos envolvidos, assim como a capacidade de consultar objectos visíveis, os seus relacionamentos com as tarefas de trabalho e as suas mudanças de estado ao longo do tempo (Sacks et al, 2009).

A necessidade de uma forte comunicação numa língua comum é maior do que nunca. Com as melhorias das tecnologias, a visualização tornou-se na forma mais forte de comunicação, esta conseguiu romper a barreira da língua internacional; no entanto, a palavra escrita ainda é invocada em certos contextos. Esta nova maneira de comunicação tecnológica/visual vem eliminar os problemas, erros e perda de tempo causada por má interpretação, ou falha na comunicação que quebra o fluxo de trabalho (White, 2012).

A generalidade dos engenheiros civis não têm as habilidades necessárias para servir a indústria da construção civil, visto que são os modelos tridimensionais são o principal meio de expressão e comunicação de projecto e a base para a análise de engenharia (Sacks e Barak, 2010).

A capacidade de animar o fluxo de trabalho de construção através de imagens 3D permite a quem faz o planeamento de trabalho identificar os conflitos e corrigi-los antes de ocorrerem erros ou atrasos. Assim como permite visualizar a construção do projecto e comunicar o processo de fluxo de trabalho aos trabalhadores, que não só se lembrarão do fluxo de trabalho e outros elementos-chave, assim como também ficam confiantes em como executam as tarefas. Isto porque o ser humano obtém 10 vezes mais informações visualmente do que através de instruções escritas (White, 2012).

3. METODOLOGIA

3.1. Escolha da metodologia

De forma a conseguir obter resultados credíveis, que possam servir de base a futuras pesquisas, é necessário primeiramente definir com rigor, qual o método de investigação que melhor se enquadra nos resultados que se pretende alcançar. Assim, a pesquisa bibliográfica analisou: tipos de estudos, estratégias de pesquisa e técnicas de abordagem.

3.1.1. Tipo de estudo

Dos dois tipos de estudos existentes, confirmatórios ou exploratórios, o tipo de estudo escolhido para a presente metodologia foi o confirmatório. Hair et al. (1995) sugerem que os estudos de confirmação são aqueles que pretendem testar (confirmar) uma relação pré-definida.

3.1.2. Estratégia de pesquisa

Da literatura e discussões sobre várias abordagens tradicionais de investigação (Denzin e Lincoln, 1994; Miles e Huberman, 1994; Strauss e Corbin, 1990; Walsham, 1995), quatro estratégias potenciais de pesquisa foram consideradas:

- Pesquisa teórica lógica;
- Quantitativa, (pesquisa experimental);
- Qualitativa, (pesquisa observacional);
- Pesquisa-acção participativa.

Para a presente dissertação optou-se por uma estratégia de pesquisa quantitativa. A principal ênfase da pesquisa quantitativa é o raciocínio dedutivo que tende a mover-se do geral para o específico. A objectividade é muito importante para a pesquisa quantitativa, devendo o pesquisador evitar a sua própria presença, com vista ao seu comportamento e atitude não afectarem os resultados, assim como pela mesma razão se devem controlar os factores externos. Os pesquisadores raramente têm acesso a todos os membros de um grupo em particular, Por esta razão, é importante que as pessoas envolvidas no estudo sejam uma amostra representativa de uma população ou grupo mais amplo, para isso o número de pessoas envolvidas tem que ser considerável e o modo como são seleccionadas (aleatória ou estratificada) representa também um papel relevante.

De modo a que a pesquisa seja coerente e válida, os factores que contribuírem para possíveis erros não devem ser descartados, mas sim reconhecidos pelos pesquisadores.

No caso da pesquisa quantitativa, as posições interpretativas e críticas não são significativas, sendo apenas o positivismo a linha a seguir. Myers (1997) faz o enquadramento entre a pesquisa quantitativa, a pesquisa qualitativa e o positivismo, como se pode observar pela figura 3.1.

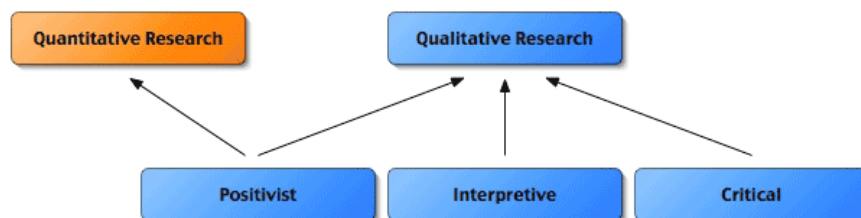


Figura 3.1 - Enquadramento de (Myers, 1997)

No coração do positivismo está a diferenciação dicotômica de Karl Popper (1980 e 1989) entre as teorias "científicas" e "mito". Uma teoria científica é no máximo extensivamente corroborada, o que a torna aceite até prova em contrário. Portanto, uma teoria científica é assim um empreendimento arriscado, ou seja, esta pode não ser considerada válida se não for suportada por dados.

De acordo com o positivismo, não existe tal coisa como uma observação pura. Cada observação é baseada em alguma teoria ou compreensão preexistente. Além disso, é quase sempre possível escolher e seleccionar os dados que irão apoiar qualquer teoria. O positivismo defende que é necessário recorrer a métodos científicos que produzam dados numéricos e alfanuméricos com vista a validar uma teoria. Indiscutivelmente, reconhecendo a ciência como um empreendimento de resolução de problemas.

As quatro etapas da dedução na mente positivista são:

1. Testar a consistência interna, ou seja, a verificação de que não há contradições internas;
2. Distinção entre: fundamentos lógicos da teoria e o conhecimento empírico, testabilidade e previsões;
3. Comparação com as teorias existentes, mostrando que a nova teoria participou para o avanço do conhecimento. Especificamente, é necessário mostrar que a nova teoria tem uma substância empírica superior à anterior e que tem mais poder preditivo:
4. Teste empírico que visa contradizer a teoria através de dados. Quando os dados não contradizem as hipóteses da teoria, é temporariamente corroborada. As verificações podem ser encontradas em praticamente qualquer teoria bem fundamentada.

Sendo a Pesquisa Quantitativa Positivista (PQP) um conjunto de métodos e técnicas que permitem aos pesquisadores responder a questões de pesquisa sobre a interação entre humanos e computadores. Existem dois pilares nesta abordagem de pesquisa. O primeiro é o ênfase dado aos

dados quantitativos. Sendo o segundo o ênfase dado à filosofia positivista. Em relação ao primeiro pilar os números vêm para representar valores, níveis de construção e conceitos teóricos, sendo a interpretação dos números visto como uma forte evidência científica de um fenómeno. Este ênfase na análise numérica também é fundamental para o segundo pilar, o positivismo, que define uma teoria científica como aquela que pode ser falsificada.

3.1.3. Técnica de abordagem

Tipos de PQP:

- Experiências de campo;
- Experiências de laboratório;
- Experiência de simulação livre;
- Simulação experimental;
- Experiência adaptável;
- Pesquisa de opinião;
- Pesquisa de arquivo.

Normalmente, um pesquisador irá decidir por uma ou várias técnicas de obtenção de dados, ao mesmo tempo considerando a sua adequação global à pesquisa, juntamente com outros factores práticos, tais como: qualidade esperada dos dados obtidos, custos estimados, taxas de não-resposta, nível médio esperado de erros e a duração do período de obtenção de dados (Lyberg e Kasprzyk, 1991).

Tendo-se optado para a presente metodologia por uma técnica de abordagem com base numa simulação experimental.

3.2. Escolha da amostra

Para a presente dissertação optou-se por uma amostra estratificada. Levy e Lemeshow (1991) definem amostragem estratificada como sendo um processo de amostragem em que a população é dividida em L estratos mútua e exaustivamente exclusivos, sendo retirada uma amostra aleatória de n_i elementos de cada estrato. A amostra total de n elementos é o somatório das subamostras, retiradas de cada estrato.

O objectivo ao estratificar uma população é reduzir a variabilidade dos estimadores e assim obter estimativas mais precisas. Tendo presente que a variância total de uma população é constante e pode ser decomposta em (Vicente et al. 2001):

$$\text{Variância total} = \text{Variância entre estratos} + \text{Variância dentro dos estratos}$$

Segundo Vicente et al. (2001) levar à prática um processo de amostragens estratificada exige os seguintes passos:

1. Definir os estratos. Estudos piloto, informação de estudos anteriores, opiniões de conhecedores da população ou até mesmo a intuição é utilizada para definir os estratos. A utilização de uma opinião subjectiva para identificar os estratos, não vai por si só excluir esta amostra do grupo das amostras aleatórias (Hansen *et al.*, 1962), bem como não é necessariamente um factor que possa introduzir enviesamento nos resultados.

Variáveis geográficas, demográficas, económicas ou outras podem ser relevantes para definir grupos homogéneos de elementos relativamente à característica em estudo. A idade, o sexo, a categoria socioeconómica (isto para populações humanas), ou a região são variáveis de estratificação frequentemente utilizadas para a definição de estratos, que a prática tem demonstrado estarem correlacionadas com a generalidade das características que se estudam, ajudando a discriminar grupos nas populações. Quaisquer que sejam as variáveis de estratificação usadas, o importante é que a estratificação resulte em grupos contendo elementos o mais semelhantes possível entre si, mas tão diferentes quanta possível dos elementos dos outros estratos, no que respeita ao parâmetro em estudo.

Na definição dos estratos importa fazer considerações quanto ao seu número e à dimensão de cada um. Quantos mais estratos se definirem, maior a homogeneidade dentro de cada um, mas também maior especificidade, o que dificulta o trabalho de selecção dos inquiridos e agrava o custo do estudo, muitas vezes não compensado por um acréscimo significativo de precisão nos resultados. Uma vez que a precisão dos estimadores depende da dimensão da amostra, um estrato com pequena dimensão não produzirá uma amostra muito grande podendo comprometer a precisão dos estimadores, pelo que é necessário ponderar bem a dimensão "ideal" dos estratos.

2. Organizar as bases de sondagem, pois se cada estrato é tratado como uma população independente das outras serão necessárias tantas bases de sondagem quantos os estratos definidos.
3. Seleccionar os elementos dentro de cada estrato, mediante um processo aleatório, simples ou sistemático. Nesta fase a opção por uma estratificação proporcional ou não proporcional ajuda a determinar quantos elementos de cada estrato se devem incluir na amostra. A amostra estratificada proporcional é aquela em que a proporção de elementos da amostra que possui determinadas características é idêntica à proporção de elementos da população que possui essas mesmas características.

3.3. Métodos utilizados para medir a carga cognitiva e a carga de trabalho.

Os vários métodos de avaliação da carga cognitiva que estão actualmente disponíveis podem ser classificados em duas dimensões, objectividade (subjectiva ou objectiva) e relação causal (directo ou indirecto). A dimensão objectividade descreve, se o método utiliza dados subjectivos como auto-relatos ou objectivos como observações de comportamento, condições fisiológicas, ou desempenho. A dimensão relação causal classifica os métodos com base no tipo de relação do fenómeno observado.

3.3.1. Método indirecto subjectivo

Este método utiliza questionários nos quais os alunos são convidados a informar a quantidade de esforço mental investido na compreensão das materiais de aprendizagem. Esta técnica, é frequentemente utilizada na actual pesquisa da carga cognitiva (Paas et al, 2003).

3.3.2. Método indirecto objectivo

Este é o método mais comum na investigação dos efeitos da carga cognitiva, este consiste em analisar os resultados do desempenho. As medições dos resultados na tarefa de aprendizagem são objectivas, visto medirem o desempenho. Estas medições são indirectas, porque dependem de processos de armazenamento e recuperação de informações que podem ser afectadas pela carga cognitiva. É portanto, de supor que quanto mais conhecimento os alunos adquirirem, menor será a carga induzida pela instrução (Brünken e Plass, 2003).

3.3.3. NASA-TLX (“National Aeronautics and Space Administration” – “Task Load Index”)

O principal objectivo da psicologia do trabalho é a análise das exigências de uma tarefa, a importância da avaliação da carga mental é fundamental porque em muitas intervenções ocorre um aumento substancial da complexidade cognitiva, por exemplo, quando temos que tomar uma decisão apropriada resolvendo assim eficientemente os problemas enquanto estamos a processar uma variedade de informações, e ainda tendo que nos adaptar às mudanças tecnológicas (Rubio et al, 2004).

Este método é uma ferramenta de avaliação subjectiva, multidimensional que avalia a carga de trabalho, de uma tarefa ou sistema, a eficácia de uma equipa ou outros aspectos relativos ao desempenho. Este método foi desenvolvido pelo centro de pesquisa de performance humana da NASA, para avaliar, a carga mental de trabalho analisando seis dimensões: exigência mental, exigência física, exigência temporal, desempenho próprio, esforço e frustração tecnológicas (Hu-

man Performance Research Group, 1986). O estudo incluiu mais de 40 simulações de laboratório; foi citado em mais de 550 estudos e 3.660 artigos (Hart, 2006).

Existem muitos procedimentos subjectivos para medir a carga de trabalho mental, mas foi o NASA-TLX que se correlacionou com maior desempenho em comparação com os métodos SWAT e Workload Profile proposto por Wickens (1984), tendo este por base o modelo de recursos múltiplos (Rubio et al, 2004).

3.3.4. Escala de Likert

A escala de Likert é um dos métodos mais antigos e mais utilizados em pesquisas de ciências comportamentais, sendo uma das principais metodologias para a medição da atitude (Campa-ro, 2013).

Ao responder a um item do questionário Likert, os questionados especificam o seu nível de concordância ou discordância numa escala simétrica concordo-discordo. Assim, o intervalo captura a intensidade dos seus sentimentos para uma determinada questão (Burns e Burns, 2008)

Em muitos outros tipos de escalas a opção de meio de "Não concordo nem discordo" não está disponível, sendo chamado este método de "escolha forçada", uma vez que a opção neutra é removida (Elaine e Christopher, 2007). Um estudo de 1987 encontrou poucas diferenças entre o uso da opção "neutro" ou "indeciso", como a opção do meio em uma escala de Likert de 5 pontos (Armstrong, 1987). A escala de likert utilizada na presente dissertação é apresentada na figura 3.2.

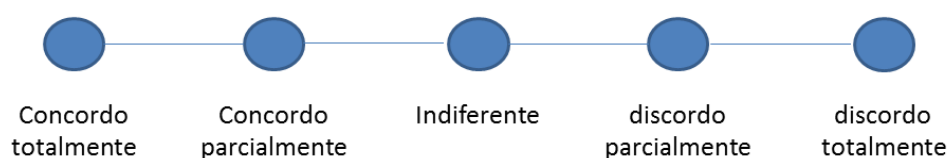


Figura 3.2 - Hipóteses consideradas para a escala de Likert

3.4. Análise de dados

Segundo o Center for Development and Information and Evaluation, (1998) a análise de dados como o processo pelo qual se dá ordem, estrutura e significado aos dados; consiste na transformação dos dados colectados em conclusões e ou lições, úteis e credíveis. Processam-se os dados, procurando tendências, diferenças e variações na informação obtida através de processos, técnicas e ferramentas. Cada tipo de análise de dados é baseada em certos pressupostos e como tal tem limitações, visto que cada uma abrange um campo de conhecimento destinto devido às suas diferentes características, sendo estas no caso da análise de dados qualitativos: investigar porque determinado fato ou problema está a ocorrer; estuda as motivações; é indutivo; ajuda a definir

hipóteses; é exploratório; permite conhecer tendências, comportamentos e atitudes; fornece informações detalhadas a perguntas ou problemas sobre um projecto ou actividade do mesmo; não permite inferir os resultados a toda uma população.

Em relação à Análise de dados quantitativos as suas principais características são: estudar acções ou intervenções; é dedutivo; fornece dados para provar hipóteses; é conclusivo; mede o nível das intervenções, tendências e actividades; produz informações quantificáveis sobre a magnitude de um problema, mas não fornece informações sobre o motivo do fato estar a ocorrer; é possível inferir os resultados a toda a população.

A busca de informações consistentes e válidas não pode deter-se nos dados estruturados, puramente quantitativos, tal qual são imaginados na forma de clássicas tabelas, relatórios volumosos, números, percentuais e gráficos. É preciso, cada vez mais, ir aos dados de natureza qualitativa, como textos, discursos, entrevistas, questionários, reportagens entre outros. A International Conference on Information Systems (*ICIS*) privilegia pesquisas associando métodos quantitativos e qualitativos (Freitas, 2000).

Espera-se que as forças de ambas abordagens possam reforçar-se mutuamente: a intersubjectividade e a fidedignidade ou confiabilidade providas pela informação padronizada derivada de amplas amostras, por um lado, e o conhecimento íntimo de um simples caso ou passagem de um texto adquirido pela análise interpretativa, por outro lado (Freitas e Moscarola, 2004).

Wisdom (2013) refere que o termo "métodos mistos" significa uma metodologia emergente de pesquisa que visa a sistemática integração, ou "mistura" de dados quantitativos e qualitativos dentro de uma única investigação, conferindo assim flexibilidade à mesma. A premissa básica dessa metodologia é que a sua integração permite uma utilização mais completa e sinérgica de dados em comparação com a colecta e análise de dados quantitativos e qualitativos em separado. Os dois tipos de dados podem-se validar mutuamente criando uma base sólida para tirar conclusões sobre a intervenção a realizar. As vantagens da sua utilização definem-se por:

Melhorar a compreensão das contradições entre os resultados quantitativos e resultados qualitativos;

Reflectir o ponto de vista dos participantes dando-lhes voz e garantindo que as conclusões do estudo são baseadas em experiências realizadas aos mesmos;

Promover a interacção académica, alargando o espectro de investigação, conduzindo assim a equipas de investigação multidisciplinares que através da sua interacção incentivam à produção de estudos quantitativos, qualitativos e mistos.

A presente dissertação optou pelo método misto de análise, alargando assim o espectro de conhecimento resultante das abordagens qualitativa e quantitativa, dado que o estudo visa qualificar a tecnologias de RA, através da opinião dos alunos, e avaliar as informações quantificáveis, por forma a conseguir tirar conclusões.

3.5. Método de investigação

Optou-se então para o método de investigação da presente dissertação, por um estudo confirmatório através de uma estratégia de pesquisa PQP com uma técnica de abordagem baseada numa simulação experimental. Com vista a medir os resultados das diferenças cognitivas serão utilizados os métodos indirecto objectivo e indirecto subjectivo. Para a análise de dados recorreu-se ao método misto, em que para a análise de dados quantitativos optou-se uma abordagem com base na estatística inferencial visto que a presente dissertação tem como objectivos testar hipóteses, formulando conclusões sobre características da população a partir da amostra.

3.6. Fases de desenvolvimento

Este estudo teve 6 fases de desenvolvimento, onde nas fases três e quatro participou um grupo experimental e outro de controlo, que foram testados após adquirirem conhecimento tanto pelos métodos tradicionais como através da RA. Deste modo, foi possível determinar a influência da intervenção ou o impacto da variável independente e eliminar outros factores, como, por exemplo, as aprendizagens exteriores à experiência e a maturação (Landsheere, 1979).

3.6.1. Fase 1 - Concepção de um novo sistema de ensino

Através da pesquisa bibliográfica da presente dissertação pôde concluir-se que a maior parte das dificuldades que os alunos sentem prende-se com a visualização mental dos conteúdos leccionados, dado o esforço cognitivo necessário para associar as imagens em 2D, pelas quais aprendem, com as suas homólogas tridimensionais e com a realidade. A utilização de imagens tridimensionais no ensino em detrimento das imagens em 2D conduz a uma redução da carga cognitiva, melhorando a visualização e a compreensão dos conceitos.

Dado que a RA é uma tecnologia de ponta no que diz respeito à visualização tridimensional, este estudo visa criar um novo sistema de ensino com recurso a esta tecnologia, tornando-a numa ferramenta pedagógica viável.

3.6.2. Fase 2 – Modelação das imagens de RA

O programa escolhido para a produção das imagens virtuais foi o Blender, este é um programa de computador de código aberto, desenvolvido pela Blender Foundation, para modelar, animações, texto, editar vídeo e criar aplicações interactivas em 3D. O download deste programa encontra-se disponível e a sua aquisição é completamente grátis. Após a conclusão das imagens virtuais, procedeu-se à criação das imagens de RA através do programa BuildAR, com o consentimento do Human Interface Technology Laboratory New Zealand (HITlabNZ).

3.6.3. Fase 3 – Apresentação da matéria através da RA

O grupo experimental aprenderá a matéria através da apresentação de imagens de RA, sendo estas apresentadas segundo as teorias do ajuste cognitivo e os princípios da aprendizagem multimédia. Os alunos do grupo de controlo aprenderão a matéria através do método tradicional, no qual o professor lecciona os conteúdos com ajuda de ferramentas como sebentas, slides e o quadro negro.

3.6.4. Fase 4 – Realização do teste, NASA-TLX e questionário aos grupos experimental e de controlo

Tanto os alunos do grupo de controlo como do grupo experimental realizarão:

- Um teste, por forma a conseguir comparar-se através do método indirecto objectivo os seus conhecimentos apreendidos, mostrando assim as diferenças cognitivas entre apreender através dos métodos tradicionais e RA;
- O NASA-TLX, de modo a conseguir avaliar a carga cognitiva de trabalho referente ao esforço mental, esforço temporal, desempenho e frustração a quando da realização do teste;
- Um questionário, com vista a avaliar qualitativamente através do método indirecto subjectivo a implementação desta tecnologia RA no ensino.

3.6.5. Fase 5 – Estruturação e análise dos resultados obtidos

A preparação e análise de dados provenientes de pesquisas, sejam eles qualitativos ou quantitativos, passa pela identificação e categorização adequada dos seus conteúdos, na busca pela produção de conhecimentos e identificação de relações que permitam avançar na compreensão dos fenómenos investigados. Assim após a obtenção dos resultados, estes foram estruturados e analisados utilizando o método misto.

3.6.6. Fase 6 – Avaliação das hipóteses de estudo

É importante explorar e sobretudo cruzar de todas as formas possíveis os dados quantitativos e qualitativos para a geração de ideias, verificação de hipóteses, elaboração de conclusões e indicação de planos de acção. Assim com base na análise dos resultados irá ser testada a veracidade das hipóteses de estudo.

3.7. Amostra

Existem diversas formas de seleccionar aleatoriamente os elementos de uma Amostra, algumas delas suficientemente elaboradas para esbater algumas das desvantagens deste tipo de amostras. Qualquer que seja o tipo de amostra a escolher, o princípio orientador deve ser o da

eficiência, traduzida na obtenção de informação o mais rigorosa possível com o mínimo custo (Vicente et al, 2001).

Uma amostra aleatória simples consiste numa amostra de n elementos retirada de uma população de N elementos sendo tal que qualquer das NC_n amostras possíveis tem a mesma probabilidade de ser seleccionada, e igual a $1/{}^NC_n$. É o mesmo que dizer que a probabilidade de qualquer elemento ser seleccionado é a mesma e igual a n/N , o quociente entre a dimensão da amostra e a dimensão da população (Levy e Lemeshow, 1991).

Fazer uma amostra aleatória num universo tão vasto como o dos estudantes de engenharia civil levaria a um processo complexo e moroso, cuja necessidade de recursos e duração excede o âmbito desta dissertação. Assim optou-se por efectuar uma amostra estratificada, sendo a variabilidade dos estratos, os diversos níveis de diferenças individuais que os alunos apresentam em cada sala de aula. Tomando assim os seguintes estratos:

- Alunos com médias de curso mais elevadas;
- Alunos com médias de curso mais baixas;
- Alunos do sexo masculino;
- Alunos do sexo feminino.

3.8. Teste

Utilizando o método indirecto objectivo através do qual irá realizar-se um teste aos alunos dos grupos experimental e de controlo com vista a avaliar e comparar o desempenho cognitivo dos alunos que aprenderam através da RA e pelos métodos tradicionais. Tendo o referido teste, perguntas de resposta aberta, verdadeiros e falsos e desenhos esquemáticos. Sendo o referido teste apresentado no anexo I.

3.9. NASA-TLX

A utilização deste método de avaliação subjectiva e multidimensional tem o propósito de analisar a exigência do teste sentida por os alunos do grupo experimental e de controlo. De modo a conseguir avaliar a utilização da RA no processo de aprendizagem e se esta facilita a formação de novo conhecimento, proporcionando uma entrada mais directa de informação na memória de longo prazo. Sendo o referido teste apresentado no anexo II.

3.10. Questionário

Utilizando o método indirecto subjectivo será realizado um questionário de resposta múltipla baseada na escala de Likert, onde os alunos poderão avaliar qualitativamente o seu desempe-

nho, o esforço mental exercido na realização do teste, assim como se estão de acordo com os métodos utilizados que fizeram parte da sua aprendizagem relativamente às matérias em questão. Sendo o referido questionário apresentado no anexo III e IV.

3.11. Métricas

As métrica a analisar na seguinte experiência referem-se ao tempo que cada aluno dedicou ao conjunto de imagens de RA correspondente a um dos três pormenores construtivos apresentados e à percentagem de resposta corretas e incorrectas dadas pelos alunos.

4. SISTEMA PROPOSTO E SUA AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL

Presentemente, a maioria dos alunos procura informação através de meios tecnológicos, preferindo vídeos a textos e o computador a bibliotecas, tornando-se assim intuitivo aprender com recurso à tecnologia, visto ser esse o ambiente com o qual estão familiarizados. A RA como tecnologia auxiliar à educação vem actualizar o sistema de ensino, ficando este a par das tecnologias de ponta no que diz respeito a sistemas de visualização tridimensional.

4.1. Sistema de ensino proposto

A presente dissertação propõe uma nova abordagem e sistema de ensino, que tem por objectivo modernizar o processo de aprendizagem, repensando a apresentação de conteúdos, o desenvolvimento de competências, habilidades e conhecimentos e a própria avaliação dos alunos. O conjunto de meios colocados em prática visa tornar a RA uma ferramenta pedagógica viável, colocando os alunos numa situação activa, na qual conseguem manipular a informação e “puxar” conteúdos e conhecimento.

Neste novo sistema o professor deve apresentar os conteúdos verbalmente com mensagens claras e coerentes, utilizando a tecnologia de RA, activando assim os dois canais (verbal e visual). As explicações e imagens devem aparecer esquematizadas e sincronizadas, dado que a forma como é apresentada a matéria conduz à formulação de uma representação mental semelhante. A personalização dos conteúdos deve ser feita utilizando um estilo coloquial, em detrimento de um estilo formal, com o propósito de reduzir a carga cognitiva extrínseca, para assim aprofundar a aprendizagem. Esta personalização deve ter em conta as diferenças individuais dos alunos e estilos de aprendizagem.

Segundo os princípios da multimédia e da modalidade o desenvolvimento de competências, capacidades, e conhecimentos adquiridos com base neste novo sistema, é conseguido através da modernização da forma como a informação chega aos alunos. Esta é transmitida usando os meios visual e verbal, fazendo uso do aumento de eficácia conseguido através da sua utilização simultânea e interactiva, criando assim modelos integrados “episodic buffer”, o que facilita a entrada de informação na memória de longo prazo.

A informação chega assim por via sensorial à memória de trabalho, que tem como função não só armazenar temporariamente, mas também manipular a informação, integrando-a posteriormente na memória de longo prazo, construindo assim novo conhecimento. O esquema relativo ao processo de aprendizagem e processamento de informação deste novo sistema pode ser observado na figura 4.1.

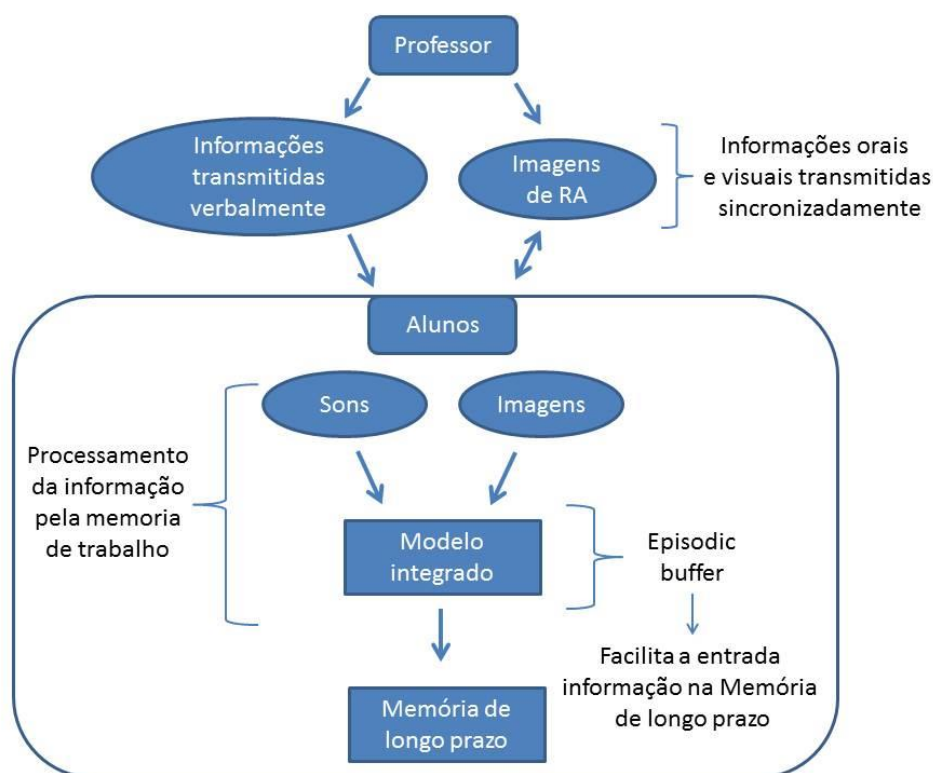


Figura 4.1 - Esquema relativo ao processo de aprendizagem e processamento de informação

Segundo a teoria do ajuste cognitivo a melhoria do desempenho por parte dos alunos ocorre quando a representação externa do problema é melhorada, aproximando-o da realidade, o que é conseguido através da utilização da RA.

Este sistema também propõe um novo modelo para a avaliação, consistindo este na substituição das tradicionais representações de estruturas, processos e fenómenos físicos em duas dimensões por imagens tridimensionais de RA, com as quais os alunos podem interagir, o que vai traduzir num aumento da capacidade cognitiva utilizada para a resolução do problema, dada a redução do esforço mental exercido para visualizar mentalmente essas imagens ou fenómenos. Isso irá diminuir os erros por má interpretação.

Espera-se que este novo sistema aumente a percepção e compreensão dos alunos que utilizam as imagens tridimensionais de RA, e que aumente também a sua motivação, dado o uso da tecnologia no processo de aprendizagem. Por outro lado, espera-se que, melhore a aquisição de conhecimentos, facilitando os esquemas cognitivos criados por uma aprendizagem eficaz com base nas teorias cognitivas, de ajuste cognitivo e da aprendizagem multimédia.

4.2. Método tecnológico de implementação

A presente dissertação propõe bases para um novo sistema de ensino, que utiliza a RA como ferramenta auxiliar, a fim de melhorar a interacção entre professores e alunos e aumentar o

rendimento dos mesmos. Este sistema permite aos professores leccionar os conteúdos com maior clareza, visto que têm ao seu dispor uma tecnologia de visualização tridimensional de última geração e aos alunos a possibilidade de visualizar imagens tridimensionais animadas ou mesmo filmes que reflectem o que o professor está a leccionar, e com os quais podem interagir.

4.2.1. Concepção do sistema

Este sistema foi projectado com vista a que a sua utilização fosse o mais simples possível, de modo a que não seja necessária formação, logo não sobrecarregando a carga horária tanto de alunos como de professores. Também procurou que o material necessário fosse também o mínimo possível, com o mínimo de despesas.

Para que este sistema funcione é necessário, em primeiro lugar, produzir as imagens de RA. Para que tal aconteça é fundamental que os professores aprendam a trabalhar com programas que produzam imagens virtuais e que as transformem em imagens de RA, ou trabalhem nesse sentido em conjunto com designers instrucionais.

Neste sistema partilham-se as imagens entre professor e alunos através de um serviço de armazenamento e partilha de arquivos (conceito baseado na computação em nuvem), como por exemplo o Dropbox, onde o professor descarrega a informação digital correspondente à matéria a leccionar.

O material necessário aos alunos para que consigam visualizar as imagens de RA é um marcador (cartão onde se cola uma folha de papel com um padrão impresso que o computador reconhece), como se pode observar na figura 4.2, e um dispositivo que lhe permita observar as imagens de RA, este pode ser um computador portátil, Tablet ou telemóvel desde que algum destes esteja provido de uma câmara e capacidade para processar um programa que converta imagens virtuais em imagens de RA.

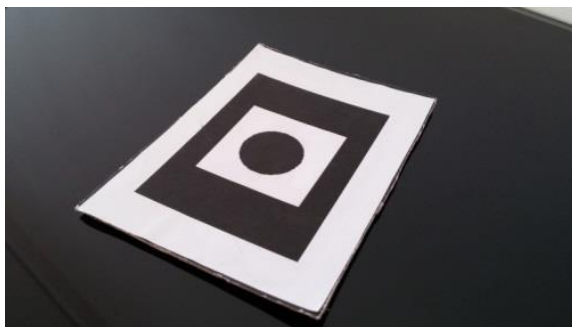


Figura 4.2 - Marcador

Por fim, para os alunos visualizarem as imagens de RA, estes têm que fazer corresponder o marcador ao ficheiro informático disponibilizado pelo professor, o qual contém a informação

digital que será transformada numa imagem ou filme de RA. O diagrama relativo ao sistema proposto pode ser observado na figura 4.3.

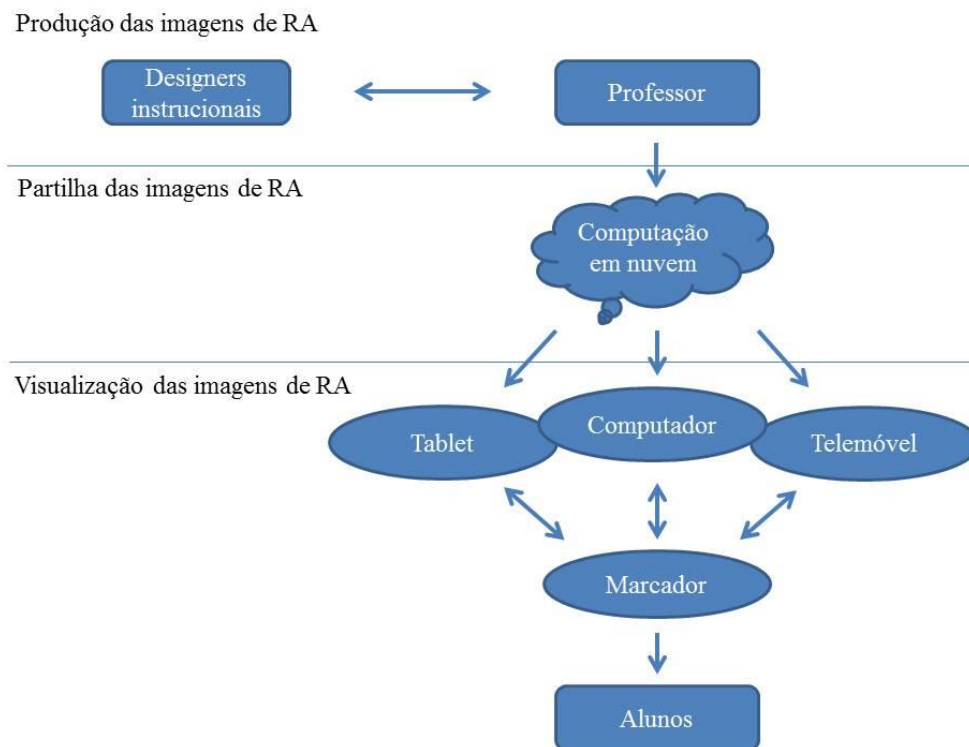


Figura 4.3 – Método tecnológico de implementação

De modo a exponenciar as potencialidades educativas da RA, os conteúdos devem ser leccionados seguindo os princípios da teoria cognitiva da aprendizagem multimédia, o que reduz a carga cognitiva extrínseca, e da teoria do ajuste cognitivo, melhorando a forma como organiza e apresenta a informação, facilitando analogias que permitam o seu melhor processamento cognitivo.

4.2.2. Propósito do sistema

Este sistema visa alcançar:

- O aumento do desempenho por partes dos alunos. Este resultado consegue-se reduzindo a carga cognitiva extrínseca causada pelo uso inadequado de métodos, recursos e estratégias, e aumentando a carga cognitiva pertinente dado que a tecnologia aumenta a motivação para o envolvimento de situações de aprendizagem, que promovam a criação de esquemas cognitivos na aquisição de novos conhecimentos;
- A melhoria na interação entre professores e alunos pode alcançar-se utilizando a tecnologia como meio que transfere a informação, conduzindo assim a uma redução da carga cognitiva extrínseca por parte dos alunos, visto ser este o meio com que eles estão familiarizados;

- A redução do esforço mental exercido pelos alunos na sua avaliação, atingindo estes melhores resultados, visto que a maior parte da sua capacidade cognitiva está a ser canalizada para a resolução do problema em detrimento da visualização mental do mesmo.

Para avaliar estes três factores, a presente dissertação utilizará o método indirecto objectivo, o método indirecto subjectivo e o NASA-TLX, respectivamente.

4.3. Avaliação experimental

A presente dissertação realizou uma avaliação experimental a este sistema, consistindo esta na utilização do método indirecto objectivo, por forma a poder comparar os resultados de testes feitos a alunos que apreenderam conceitos de tecnologias da construção através dos métodos tradicionais e alunos expostos aos mesmos conceitos através da RA; e do método indirecto subjectivo, que utiliza questionários nos quais os alunos qualificam o esforço mental investido na compreensão das materiais de aprendizagem.

4.3.1. Modelação das imagens de RA

A preparação da fase experimental começou pela criação das imagens de RA, produzidas utilizando o programa Blender, que consegue modelar objectos e animação em ambientes 3D, sendo o seu uso completamente grátis.

Em primeiro lugar foi criada uma sapata isolada através do programa, como se pode observar na figura 4.4, possibilitando aos alunos a observação do processo construtivo da mesma. Os nomes de cada componente aparecem ligados a estes, como se pode observar na figura 4.5, por forma a toda a informação se encontrar no mesmo campo visual, cumprindo assim os princípios da teoria do ajuste cognitivo. O mesmo procedimento foi realizado para os outros dois exemplos.

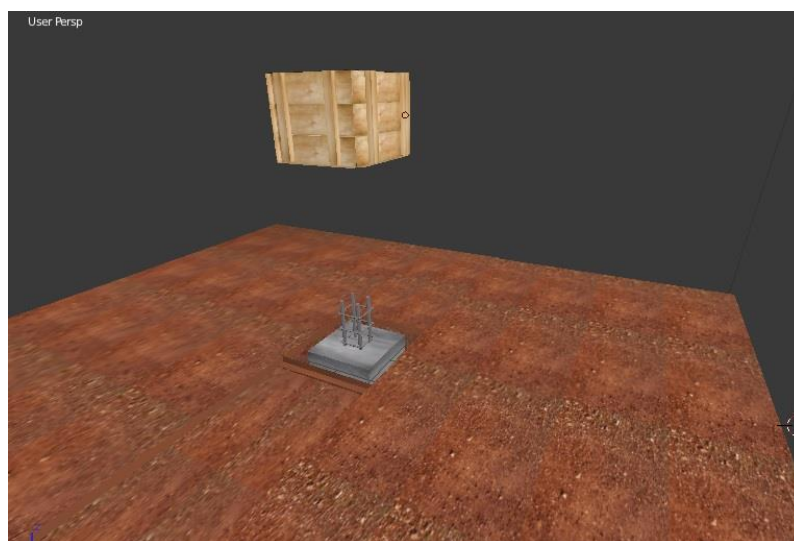


Figura 4.4 - Imagem virtual relativa à sapata isolada



Figura 4.5 - Imagem virtual relativa a uma das etapas do processo construtivos de uma sapata isolada

Em segundo lugar foi criada uma parede dupla com isolamento térmico e caixa-de-ar construída pelo exterior, como se pode observar na figura 4.6, esta imagem virtual foi pormenorizada ao ponto de se verem a inclinação da caleira, tubos para drenagem das águas e a serapilheira, como se pode observar na figura 4.7.

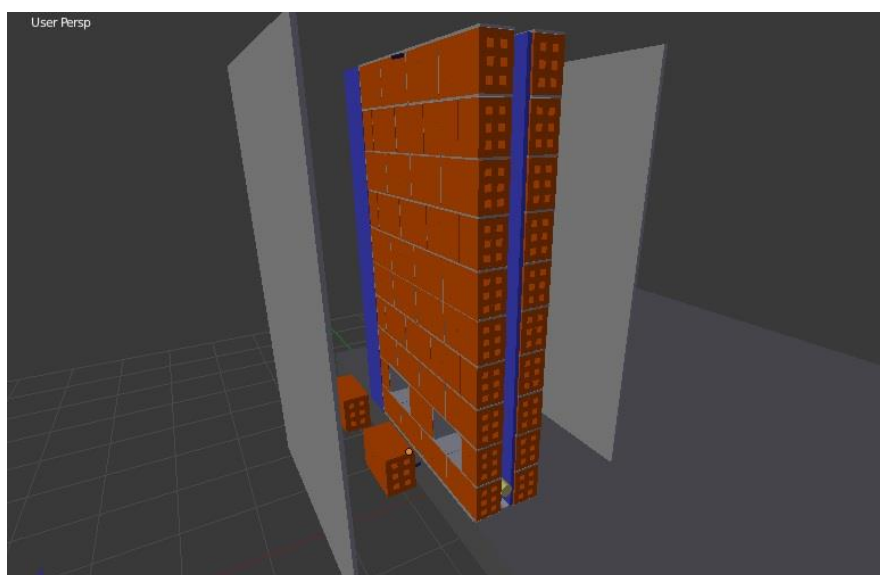


Figura 4.6 - Imagem virtual relativa à parede dupla com isolamento térmico e caixa-de-ar

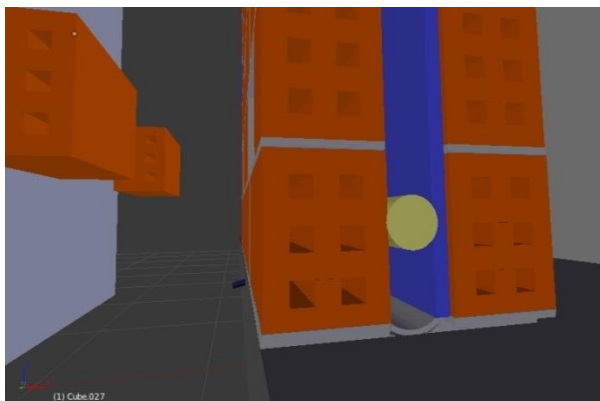


Figura 4.7 - Imagem virtual relativa ao pormenor da caleira, tudo para drenagem de águas e serapilheira

A terceira e última imagem virtual a ser criada foi uma cobertura tradicional em madeira com asna simples ou de Palladio, como se pode observar na figura 4.8, esta foi pormenorizada ao ponto de serem perceptíveis todos os seus elementos, como os calços, assemblagens e entalhes no pendural, linha, escoras e pernas. Foram criadas telhas portuguesas com vista a poder demonstrar-se o processo de montagem do telhado.

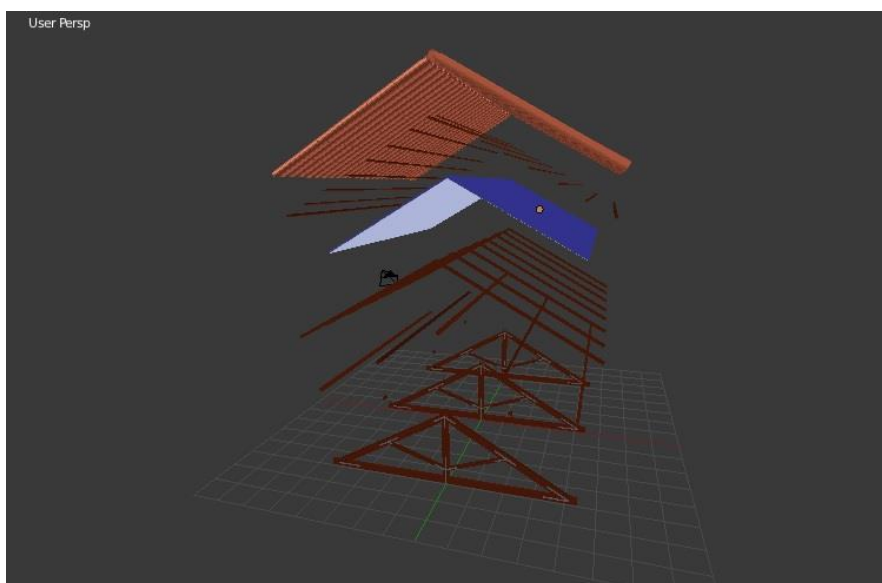


Figura 4.8 - Imagem virtual relativa à cobertura tradicional em madeira com asna simples

Após a conclusão das imagens virtuais, utilizou-se o programa BuildAR para ler as imagens virtuais convertendo-as em imagens de RA, sendo estas representações tridimensionais das imagens dispostas nos elementos de apoio à cadeira de tecnologias de construção. As figuras 4.9, 4.10 e 4.11 mostram os exemplos da sapata isolada, parede dupla com caixa-de-ar e cobertura tradicional em madeira, com todos os seus componentes separados.

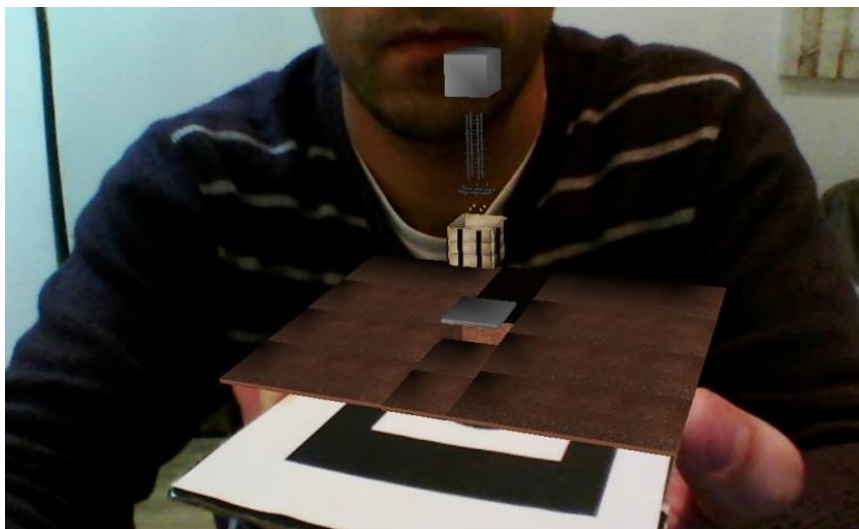


Figura 4.9 - Imagem de RA relativa à sapata isolada

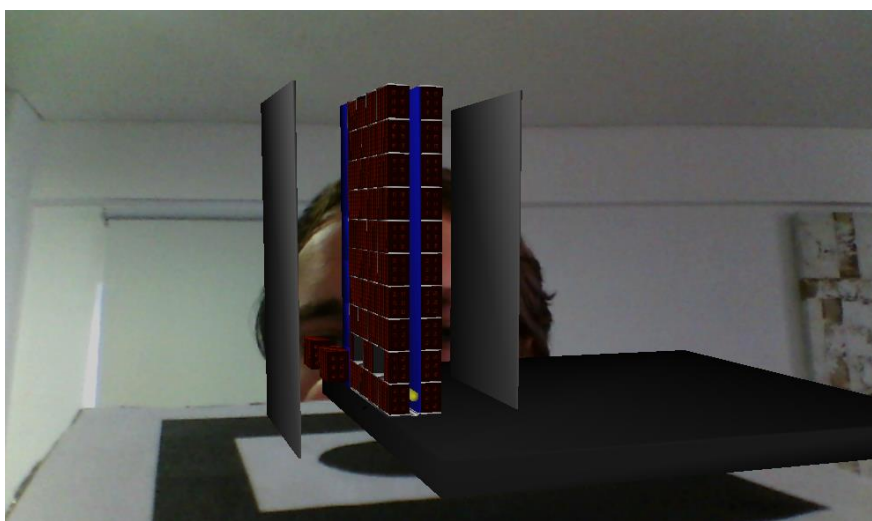


Figura 4.10 - Imagem de RA relativa à parede dupla com caixa-de-ar

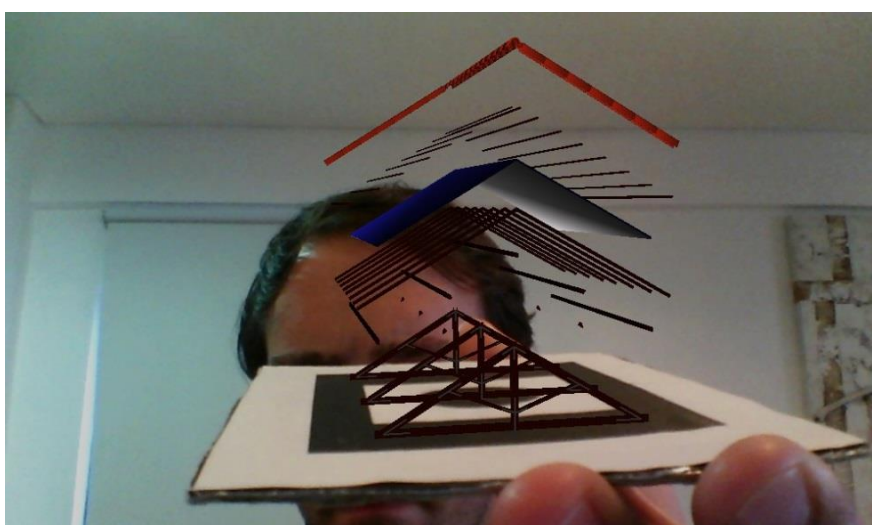


Figura 4.11 - Imagem de RA relativa à cobertura tradicional em madeira com asna simples

As imagens virtuais utilizadas nesta dissertação como imagens de RA foram produzidas no mesmo programa a partir do qual se fazem algumas das animações mais conhecidas dos dias de hoje, como: Elephants Dream, Plumíferos, Big Buck Bunny, Yo Frankie, Sintel, Tears of Steel e o filme do Homem-Aranha 2 (onde foi usado para criar as animações). O Blender está também a ser utilizado em anúncios comerciais em várias partes do mundo. Assim, as suas limitações em termos do que se pode criar virtualmente prendem-se apenas pela imaginação humana.

4.3.2. Participantes

A amostra da presente dissertação foi composta por 46 alunos da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa no curso mestrado integrado em engenharia civil. A amostra correspondente ao grupo, ao qual foi leccionada a matéria através dos métodos tradicionais, foi constituída por: 16 homens (70% da amostra) com idade média de 23 anos, variando a sua faixa etária entre 21 e 25, e a sua média de curso entre os 11 e 14 valores; 7 mulheres (30% da amostra) com idade média de 23 anos, variando a sua faixa etária entre 21 e 24, e a sua média de curso entre 12 e 14 valores. A amostra correspondente ao grupo, ao qual foi apresentado a matéria através da RA, foi constituída por: 16 homens (70% da amostra) com idade média de 24 anos, variando a faixa etária entre 22 e 26, e a sua média de curso entre os 11 e 15 valores e as notas a tecnologias da construção entre 6 a 14 valores; 7 mulheres (30% da amostra) com idade média de 24 anos, variando a faixa etária entre 22 e 26, e a sua média de faculdade entre 12 e 14 valores e as notas a tecnologias da construção entre 7 a 14 valores.

Ao analisarmos a pauta de tecnologias da construção referente ao ano lectivo 2013/2014 podemos observar que a percentagem de homens e mulheres que fizeram o exame final para obtenção de frequência à cadeira é de 68% e 32%, respectivamente. Assim a população da amostra escolhida para a presente dissertação é representativa do universo de alunos que frequentou a cadeira; esta dispersão de homens e mulheres na cadeira de tecnologias da construção é também encontrada em outras cadeiras do curso, podendo concluir-se que a amostra é também representativa de uma qualquer sala de aula do curso de engenharia civil da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.

Dada a amostra recolhida, foi possível dividir os estratos referentes às médias de curso da seguinte forma:

- Alunos com médias de curso mais elevadas - 10, 11 e 12 valores;
- Alunos com médias de curso mais baixas - 13,14 e 15 valores.

É importante referir que a amostra do grupo experimental esteve sempre dependente da amostra do grupo de controlo, dado que esta é mais restritiva devido ao facto de só os alunos que acabaram de fazer tecnologias da construção, no primeiro semestre do ano lectivo 2013/2014, poderem fazer parte da amostra.

4.3.3. Realização do teste e questionários ao grupo de controlo

Com vista a atingir resultados que demonstrem a real diferença entre apreender através dos métodos tradicionais e da RA, optou-se por comparar os resultados dos testes entre os alunos que tiveram tecnologias da construção e os que vão ter no próximo semestre. Fazendo assim com que a diferença de conhecimentos de engenharia entre os grupos fosse a menor possível, sendo o seu elemento diferenciador os conceitos apreendidos na cadeira de tecnologias da construção.

Os testes realizados ao grupo ao qual foi leccionada a matéria pelos métodos tradicionais decorreram na sua maioria no início do segundo semestre, de modo a que o intervalo de tempo entre o que os alunos aprenderam a tecnologias da construção e a realização do teste fosse o menor possível, tendo estes realizado o exame final para a conclusão da cadeira cerca de quinze dias antes. O teste teve lugar numa sala de aula da Faculdade de Ciências e Tecnologias (como se pode observar pelas figuras 4.12 e 4.13), de modo a que o ambiente fosse o mais similar ao que os alunos estão habituados, minimizando assim a carga cognitiva extrínseca. Os testes tiveram a duração de trinta minutos, seguidamente realizaram-se os questionários.



Figura 4.12 - Realização do teste e questionários



Figura 4.13 - Realização do teste e questionários

4.3.4. Realização da experiência, teste e questionários ao grupo experimental

Após a conclusão das imagens de RA, teste e questionários, preparou-se a experiência e apelou-se aos alunos para a realização da mesma, tendo esta sido realizada faseadamente à medida da disponibilidade dos alunos.

As imagens de RA foram apresentadas aos alunos através de um computador portátil, numa sala de estudo do edifício IX da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, como se pode observar pelas figuras 4.14 e 4.15, respeitando os princípios da teoria cognitiva da aprendizagem multimédia e seguindo o princípio da teoria do ajuste cognitivo com o fim de reduzir a carga cognitiva.

Foi dito aos alunos que quando se sentissem confiantes em relação à matéria apresentada fossem resolver o teste (tendo este três folhas, em que cada uma delas se refere a uma série de imagens de RA apresentadas, correspondentes a um processo construtivo), tendo sido o intervalo de tempo entre uma tarefa e outra cronometrado.

A apresentação das imagens de RA foi feita individualmente a cada aluno, passando este em seguida para a resolução do teste sem ter novamente contacto com esta tecnologia aquando da resolução do mesmo.

A experiência foi pautada pela boa disposição e interesse por parte dos alunos, ficando estes satisfeitos pela sua participação e curiosos em relação a esta tecnologia.

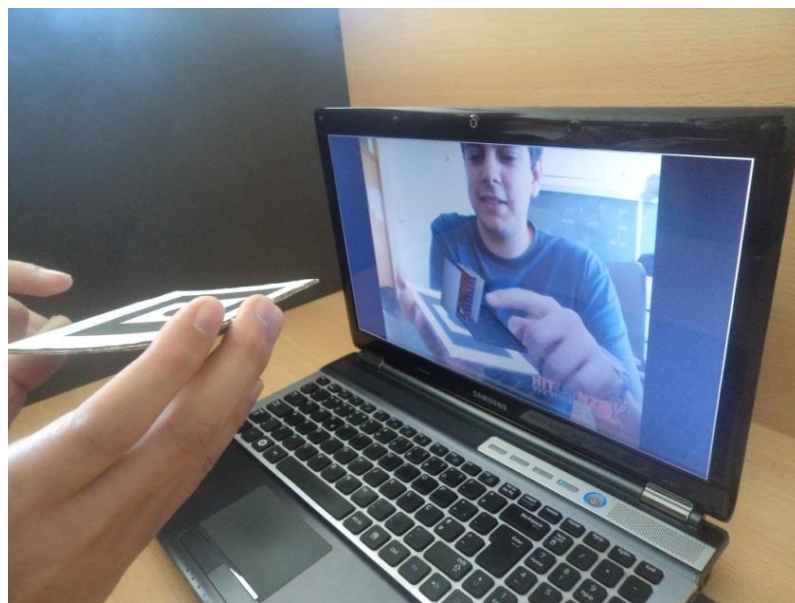


Figura 4.14 - Realização da experiência, imagem da parede dupla com caixa-de-ar



Figura 4.15 - Realização da experiência, imagem da cobertura tradicional em madeira

Após a realização da experiência pôde-se concluir que os requisitos mínimos para que o aluno consiga perceber a RA são: um computador portátil, Tablet ou Telemóvel, tendo estes de estarem providos de uma câmara e capacidade para processar e ler imagens virtuais transformando-as em imagens de RA. Dado que a maioria dos estudantes possui um computador portátil e que existem vários programas de visualização de RA, alguns deles gratuitos para fins educacionais, o acesso dos estudantes a esta tecnologia torna-se fácil. Contudo, para que no futuro esta tecnologia seja um recurso omnipresente no processo de aprendizagem, é necessário o recurso a designers instrucionais que consigam projectar actividades de aprendizagem com realidade aumentada, ou a professores com essas aptidões.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Uma pesquisa quantitativa, mais objectiva, deve ser precedida de uma actividade mais subjectiva, qualitativa, que permita definir melhor o escopo e a forma de focar o estudo. Sejam quais forem os fenómenos, entidades ou realidade objecto de investigação, o uso conjunto destes métodos qualitativos e quantitativos permite um maior aprofundamento no conhecimento dos dados, evidenciando-se aspectos do que se deseja investigar e, da mesma forma, possibilitando focar o pensamento sobre o assunto, decidir e executar (Freitas et al, 2004).

Por forma a realizar uma análise quantitativa dividiram-se os resultados do teste em respostas de verdadeiros e falsos, resposta aberta e esboços, organizando estes em tabelas. Os resultados das respostas de escolha múltipla foram divididos nos dois grupos e seus referentes estratos, assim foi possível fazer o resumo das suas principais estatísticas e cruzá-las com o intuito de averiguar as diferenças cognitivas da aprendizagem através dos métodos tradicionais e com o auxílio da RA.

Com os resultados do questionário pôde realizar-se a análise qualitativa organizando também as respostas e comentários às últimas duas perguntas, com vista a identificar padrões, tendências, relações assim como associações de causa-efeito.

5.1. Cruzamento dos resultados

O cruzamento de dados foi exposto na presente dissertação com recurso a gráficos, através dos quais são comparadas as respostas dos 46 alunos (Figura 5.1). Os dados a cruzar referem-se às perguntas de verdadeiro e falso correspondente ao teste, os valores das médias ponderadas da carga de trabalho relativos ao NASA-TLX e as primeiras dezassete perguntas relativas aos questionários.

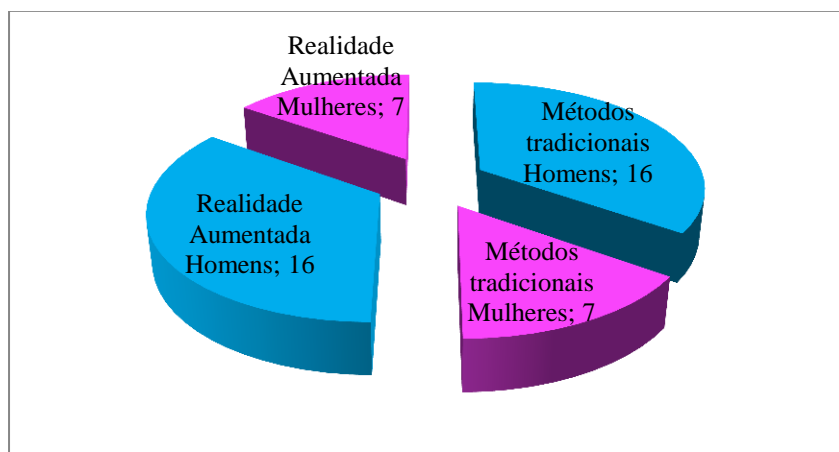


Figura 5.1 - Número de alunos

5.1.1. Cruzamento dos resultados relativos ao teste

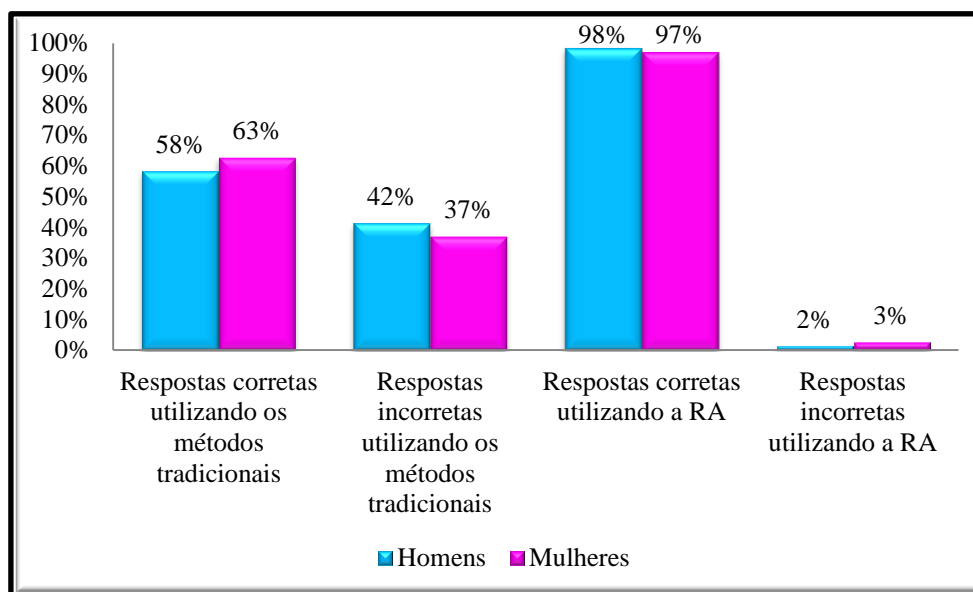


Figura 5.2 - Percentagens relativas as respostas dadas pelos alunos

Ao analisar-se os dados quantitativos, presentes na figura 5.2, pôde observar-se um melhor desempenho alcançado pelos alunos aos quais foi apresentada a matéria através da RA, obtendo estes os seguintes valores médios de respostas certas: 98% para os homens e 97% para as mulheres; enquanto o grupo ao qual foi leccionada a matéria pelos métodos tradicionais obteve o valor de 58% para os homens e 63% para as mulheres.

Respectivamente ao grupo de controlo, os homens com médias de curso mais elevadas, obtiveram resultados na ordem dos 70% de respostas certas, comparativamente com os que têm médias de curso mais baixas que obtiveram resultados na ordem dos 50% de respostas certas; no mesmo grupo, as mulheres com médias de curso mais elevadas, obtiveram resultados na ordem dos 75% de respostas certas, comparativamente com as que têm as médias de curso mais baixas que obtiveram resultados na ordem dos 55% de respostas certas.

Pode observar-se através do gráfico, que relativamente ao grupo de controlo as mulheres obtiveram, em média, notas superiores aos homens, sendo que em relação ao grupo experimental essa diferença é negligenciável.

É necessário realçar que todos os alunos do grupo de controlo acertaram mais de metade das perguntas, o que não é coincidente com os seus resultados na avaliação final para obtenção de frequência à cadeira de tecnologias de construção, visto que parte da amostra não obteve frequência à cadeira.

5.1.2. Cruzamento dos resultados relativos ao NASA-TLX

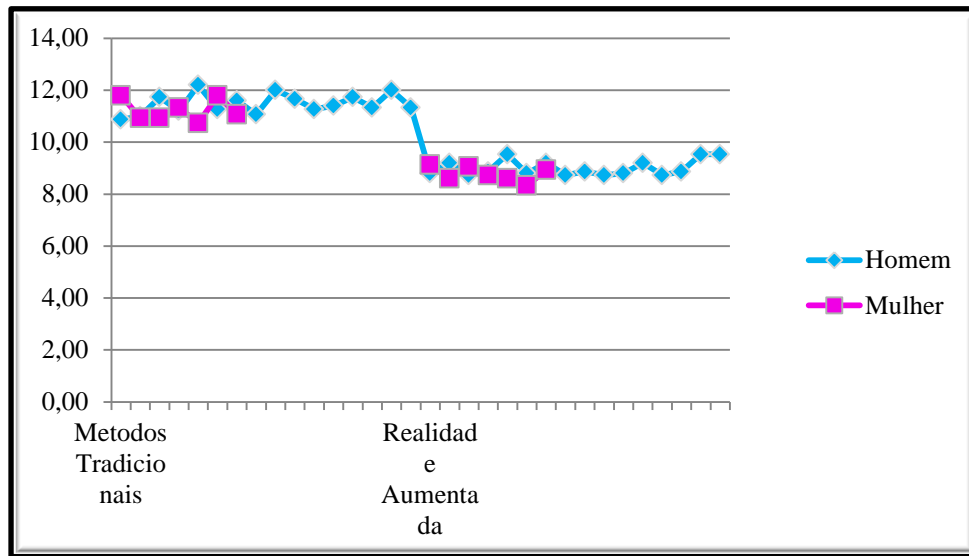


Figura 5.3 - Dispersão dos valores da média ponderada relativos ao NASA-TLX

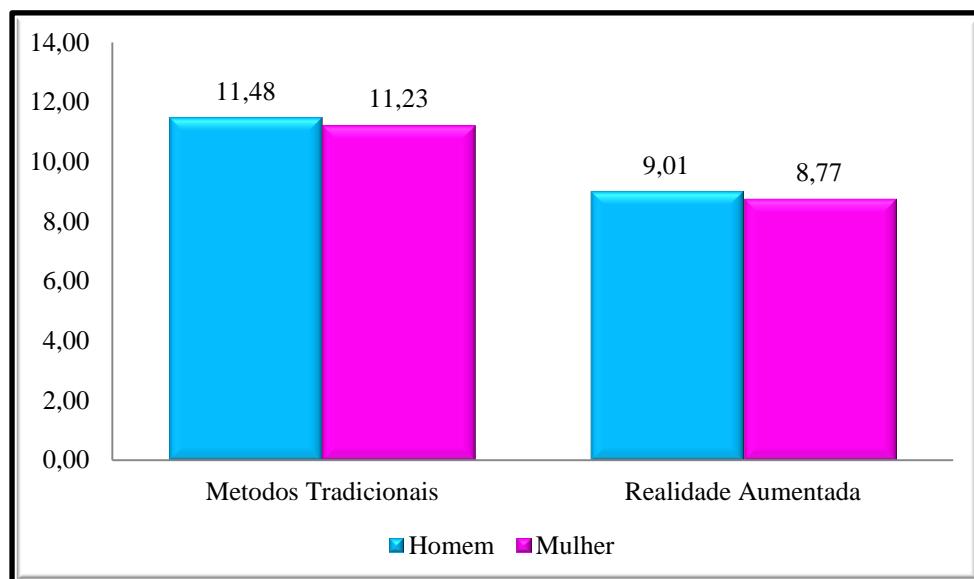


Figura 5.4 - Valores médios da média ponderada

Os resultados do NASA-TLX indicam que a carga de trabalho foi inferior nos alunos aos quais foi apresentada a matéria através da RA, com o valor médio da média ponderada de 9,01 para os homens e 8,77 para as mulheres; os alunos a quem foi leccionada a matéria pelos métodos tradicionais obtiveram os valores de 11,48 para os homens e 11,23 para as mulheres (como se pode observar pelas figuras 5.3 e 5.4), tendo este grupo optado tendencialmente, nos cartões de comparação, pelas opções “exigência mental” e “esforço”, enquanto o outro grupo optou tendencialmente pela opção “desempenho”.

5.1.3. Cruzamento dos resultados relativos ao Questionário

As últimas sete perguntas do questionário realizado aos alunos do grupo experimental, têm o intuito de qualificar a implementação da tecnologia de RA no ensino, não tendo assim as suas homólogas no questionário realizado ao grupo de controlo, estas perguntas são:

As informações aprendidas através da experiência estimularam a minha curiosidade;

O que aprendi sobre a tecnologia de RA foi surpreendente e inesperado;

A aprendizagem com recurso à RA foi mais divertida do que utilizando os métodos tradicionais em sala de aula;

Os modelos 3D que me foram apresentados são apelativos e interessantes;

O primeiro contacto com a RA foi motivador e encorajador, tendo ficado com a impressão que seria fácil apreender a matéria;

Este conteúdo foi mais difícil de entender do que eu estava à espera;

Gostei desta tecnologia e fiquei interessado em saber mais sobre este tópico;

Gostei realmente de ter-me sido leccionada a matéria através da tecnologia RA.

Abreviaturas utilizadas nos gráficos seguintes:

CT – Concordo totalmente

CP – Concordo parcialmente

I – indiferente

DP - descordo parcialmente

DT – descordo totalmente

• Cruzamento das respostas relativas à 1ª pergunta dos questionários

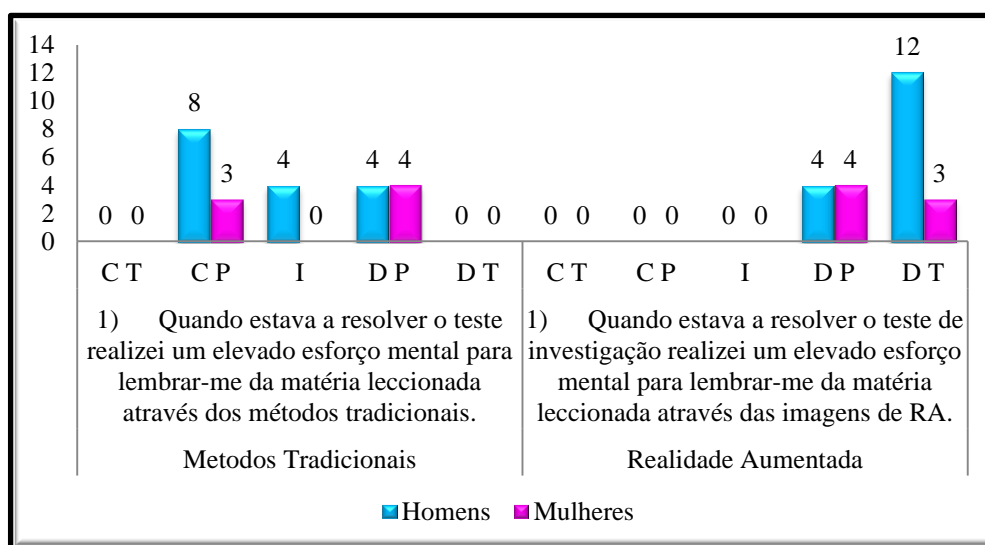


Figura 5.5 - Cruzamento das respostas relativas à 1ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 2ª pergunta dos questionários**

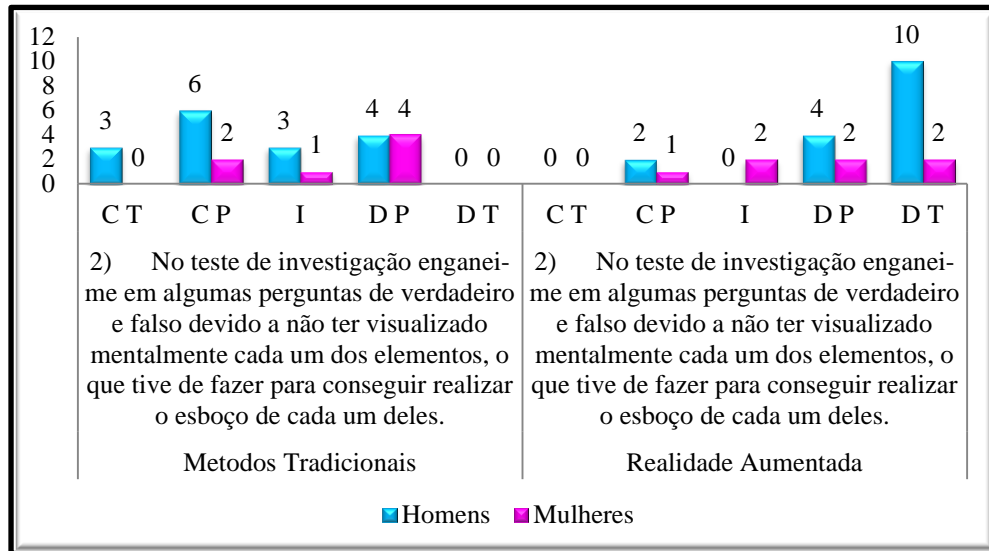


Figura 5.6 - Cruzamento das respostas relativas à 2ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 3ª pergunta dos questionários**

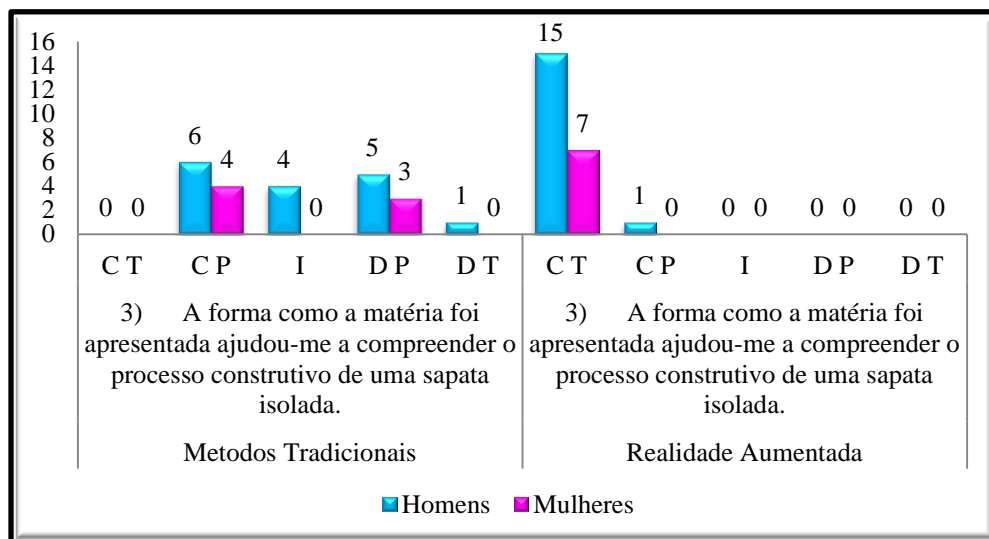


Figura 5.7 - Cruzamento das respostas relativas à 3ª pergunta do questionário

• **Cruzamento das respostas relativas à 4ª pergunta dos questionários**

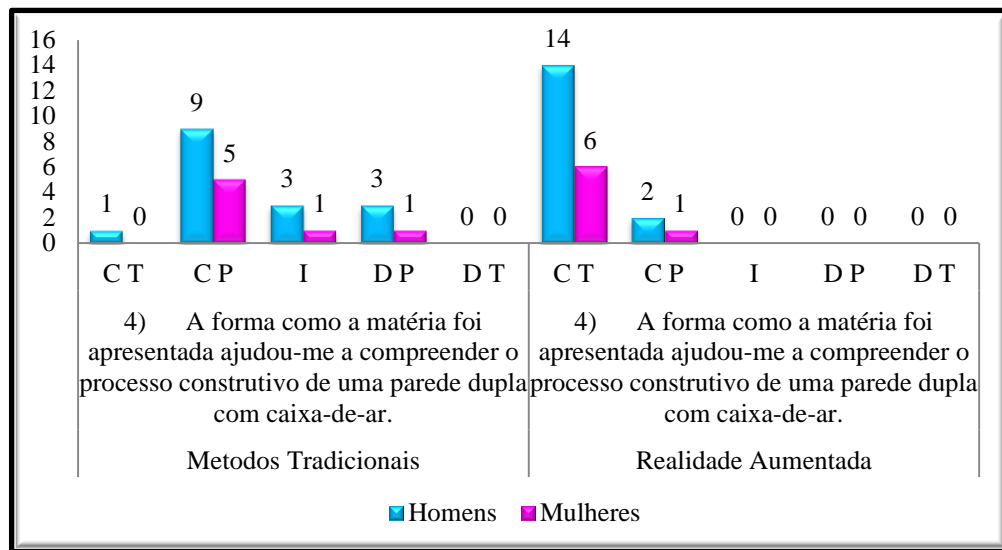


Figura 5.8 - Cruzamento das respostas relativas à 4ª pergunta do questionário

• **Cruzamento das respostas relativas à 5ª pergunta dos questionários**

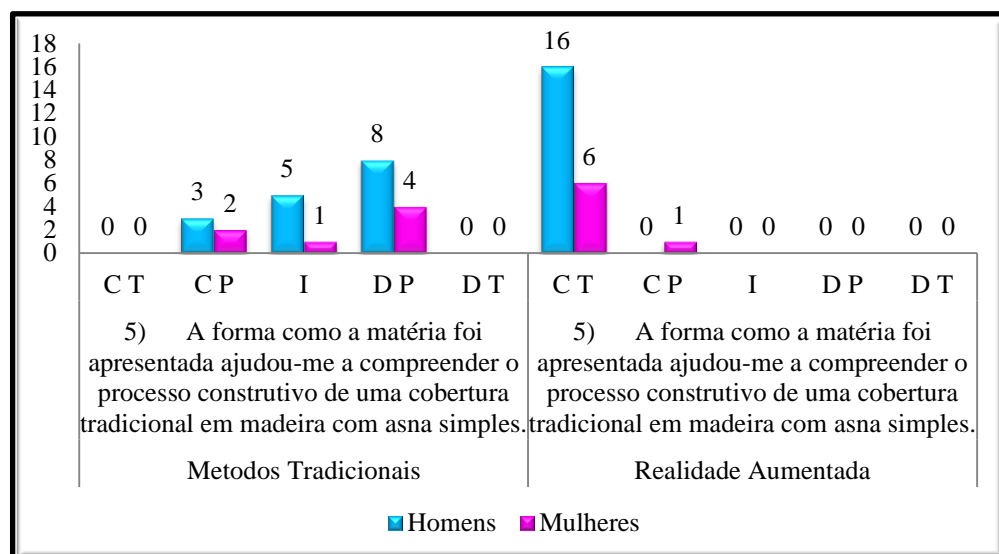


Figura 5.9 - Cruzamento das respostas relativas à 5ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 6ª pergunta dos questionários**

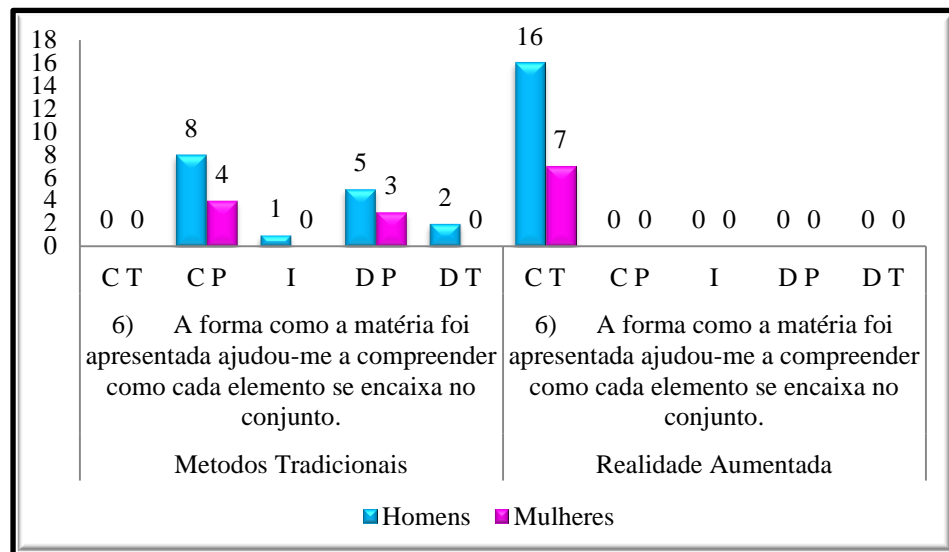


Figura 5.10 - Cruzamento das respostas relativas à 6ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 7ª pergunta dos questionários**

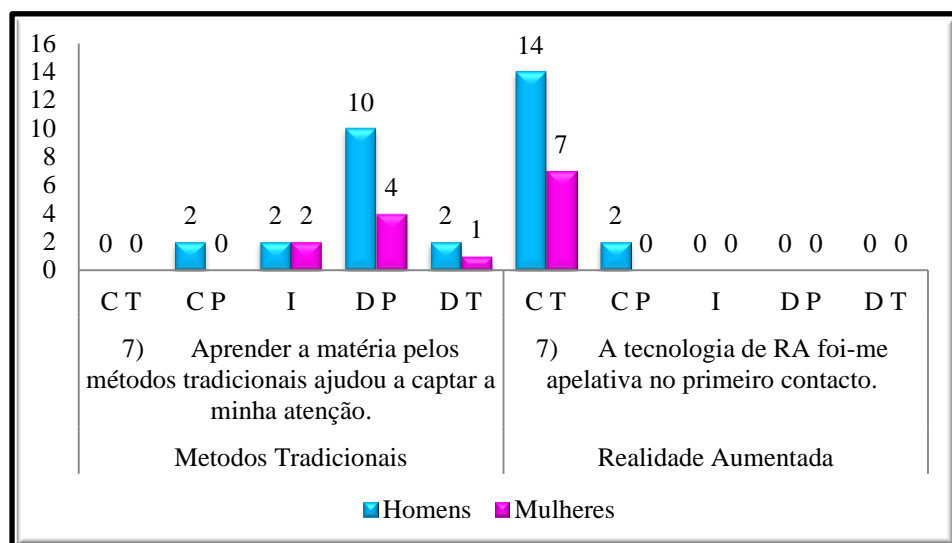


Figura 5.11 - Cruzamento das respostas relativas à 7ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 8ª pergunta dos questionários**

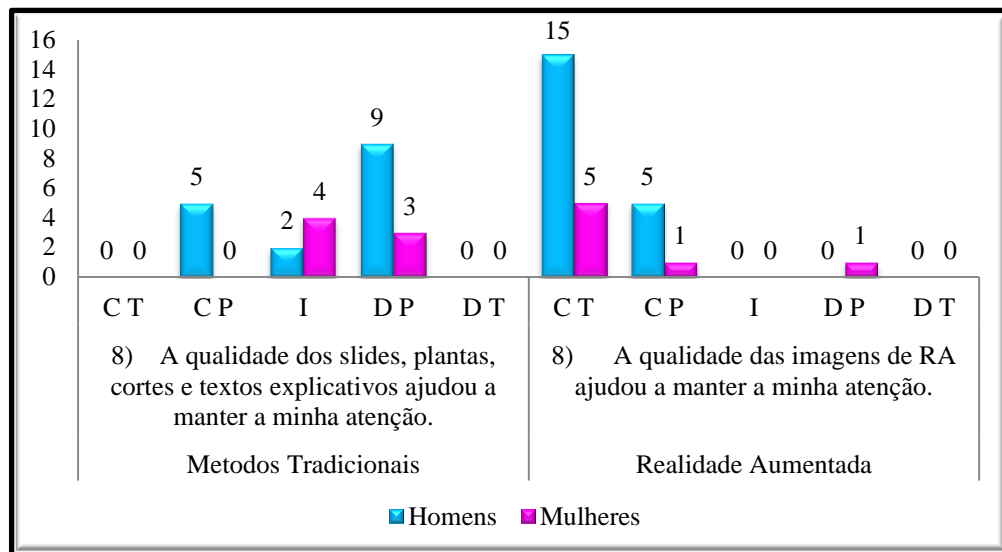


Figura 5.12 - Cruzamento das respostas relativas à 8ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 9ª pergunta dos questionários**

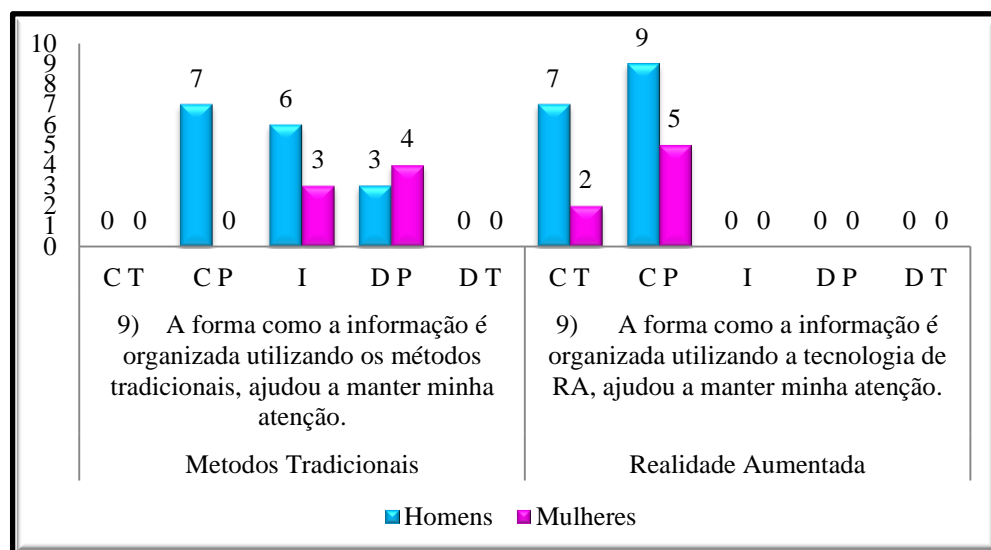


Figura 5.13 - Cruzamento das respostas relativas à 9ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 10ª pergunta dos questionários**

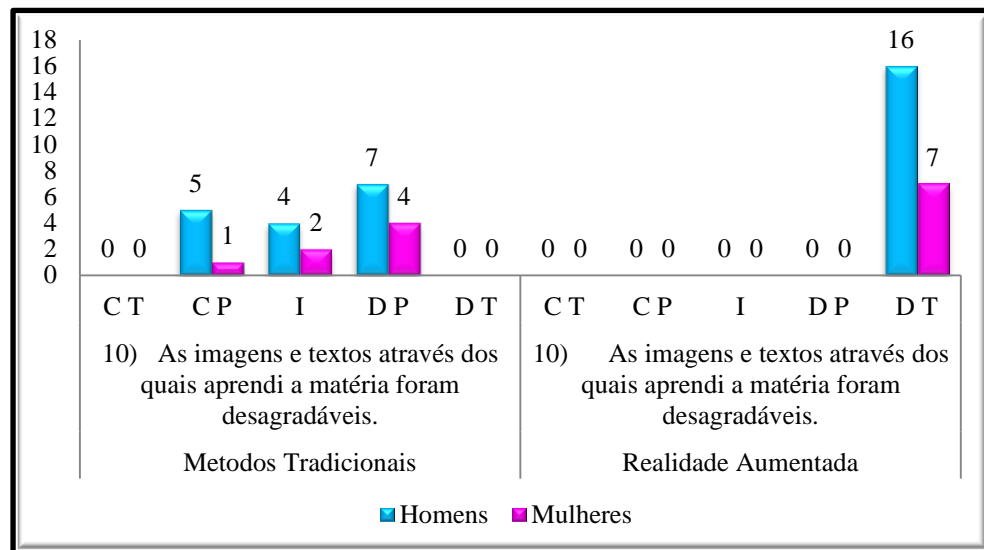


Figura 5.14 - Cruzamento das respostas relativas à 10ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 11ª pergunta dos questionários**

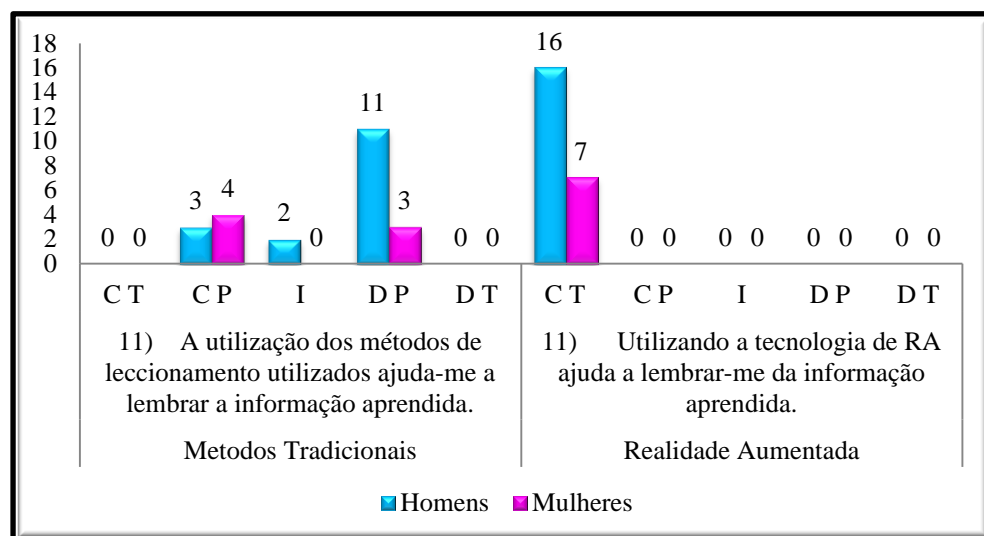


Figura 5.15 - Cruzamento das respostas relativas à 11ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 12ª pergunta dos questionários**

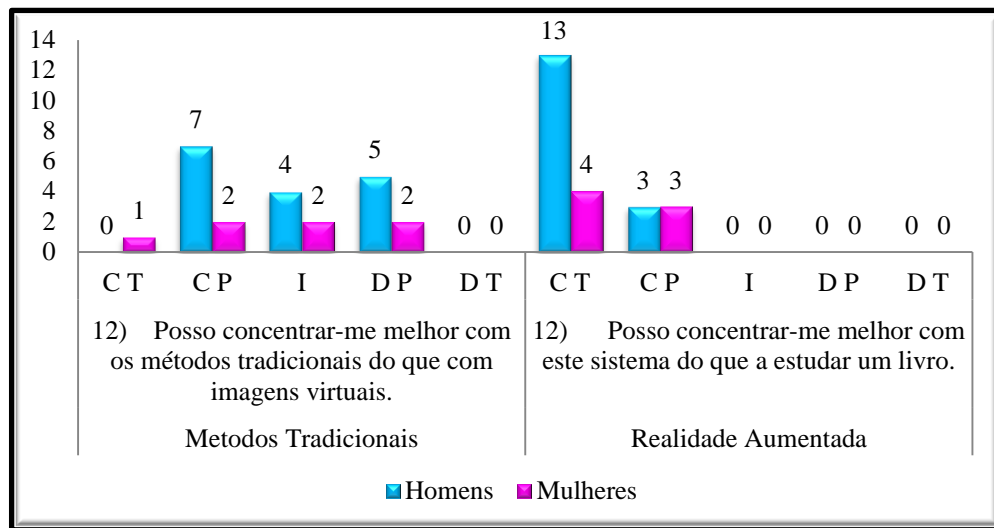


Figura 5.16 . Cruzamento das respostas relativas à 12ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 13ª pergunta dos questionários**

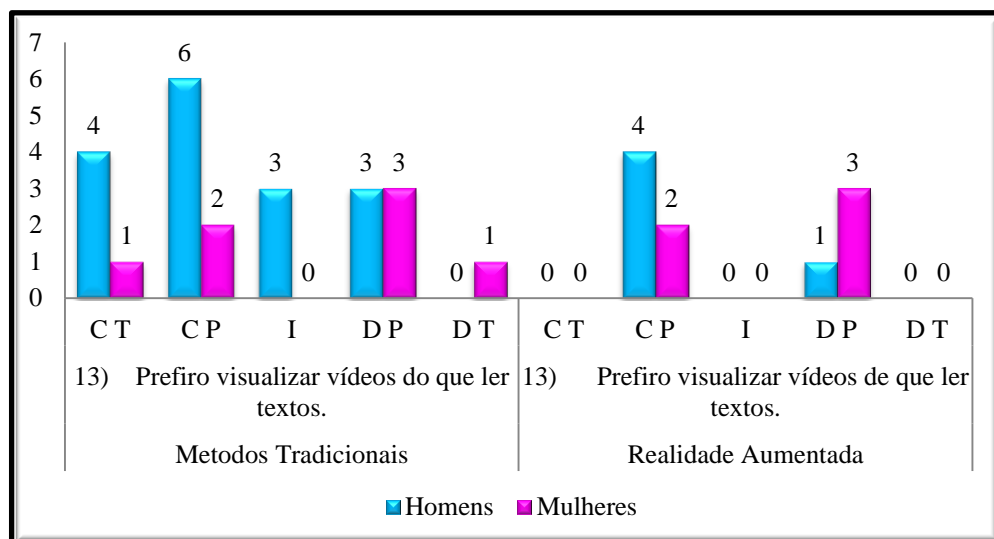


Figura 5.17 - Cruzamento das respostas relativas à 13ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 14ª pergunta dos questionários**

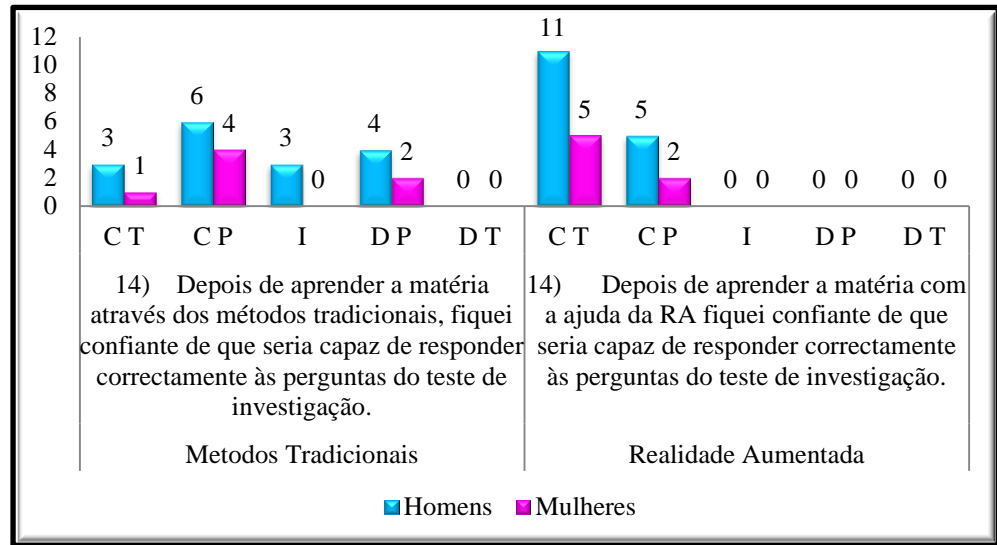


Figura 5.18 - Cruzamento das respostas relativas à 14ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 15ª pergunta dos questionários**

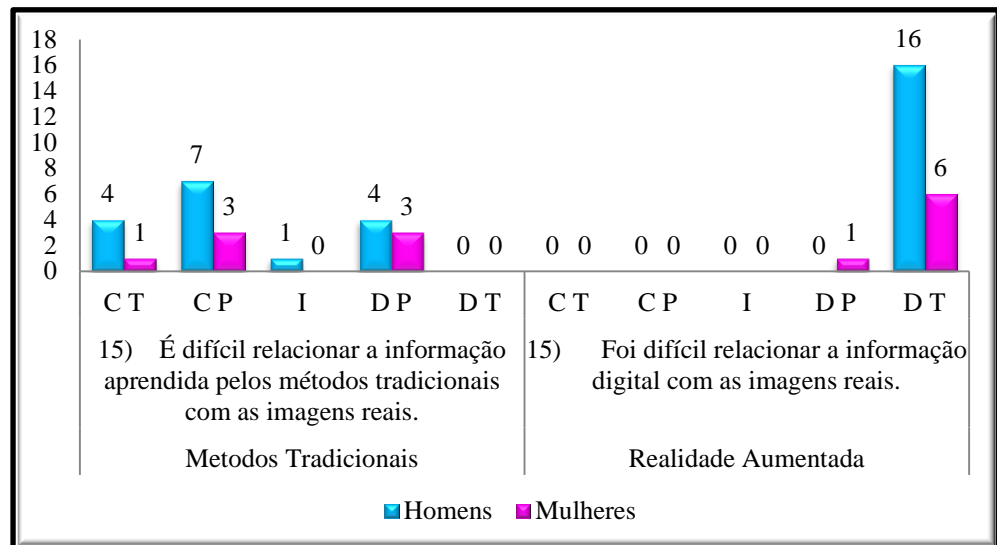


Figura 5.19 - Cruzamento das respostas relativas à 15ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 16ª pergunta dos questionários**

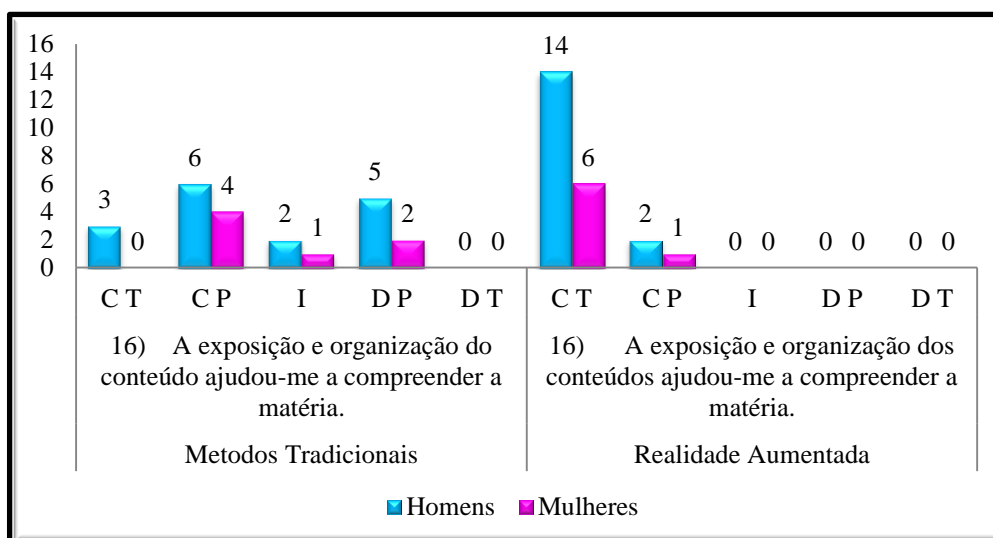


Figura 5.20 - Cruzamento das respostas relativas à 16ª pergunta do questionário

- **Cruzamento das respostas relativas à 17ª pergunta dos questionários**

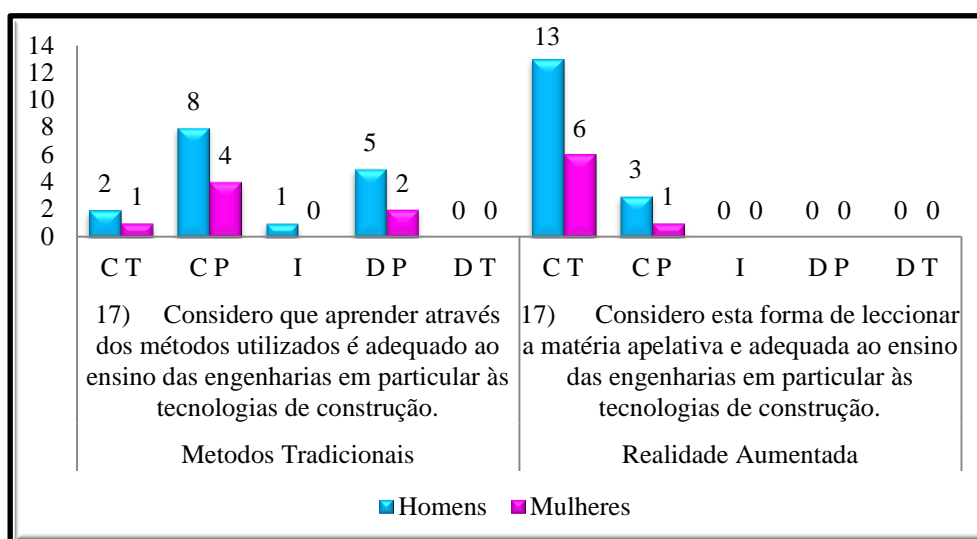


Figura 5.21 - Cruzamento das respostas relativas à 17ª pergunta do questionário

5.2. Discussão dos resultados obtidos

A discrepância dos valores obtidos no teste, entre os alunos do grupo experimental e do grupo de controlo, deve-se ao melhoramento da representação externa do problema e à redução da carga cognitiva, que é explicada pela diminuição da carga cognitiva extrínseca e aumento da carga cognitiva pertinente durante a apresentação da matéria através da RA, e pela criação de modelos integrados “episodic buffer” pela memória de trabalho o que facilitou a aquisição de conhecimento.

A maior parte das respostas erradas dadas pelos alunos do grupo de controlo correspondem às perguntas sobre a cobertura tradicional em madeira com asna simples, visto esta ser a matéria que requer um maior esforço cognitivo na sua visualização mental devido aos seus vários componentes e encaixes. Foi também nesta matéria que a RA mostrou o seu potencial como ferramenta capaz de melhorar a representação externa do problema, conduzindo assim a uma imagem mental mais próxima da realidade, o que levou a um melhor desempenho por parte dos alunos do grupo experimental nesta matéria.

O tempo que cada aluno dedicou a cada dos três conjuntos de cenas de RA (sapata isolada, parede dupla com caixa-de-ar e cobertura tradicional em madeira com asna simples), até considerar-se seguro relativamente à matéria apresentada, não evidenciou nenhuma discrepância entre os estratos da amostra, servindo apenas estes valores de título informativo para demonstrar que todos os alunos aos quais foi apresentada a matéria através da RA apreenderam rapidamente.

Os resultados do NASA-TLX indicam que a carga de trabalho, e por sua vez o esforço cognitivo e exigência mental, foi inferior nos alunos do grupo experimental na resolução do teste. Assim pode concluir-se que a utilização da RA no processo de aprendizagem facilita a entrada de informação nova na memória de longo prazo.

Do cruzamento dos dados qualitativos do questionário realizado aos dois grupos, pode concluir-se, através da análise dos gráficos apresentados nas figuras 5.5 à 5.21, que a RA é preferida em detrimento dos métodos tradicionais por parte dos alunos, porque segundo estes ajuda a explicar os processos construtivos, a manter a atenção, a relembrar a informação apreendida, a concentração, a relacionar a matéria apreendida com os objectos reais, assim como a consideraram adequada ao ensino das engenharias, em particular às tecnologias de construção.

Após a observação da análise qualitativa feita pelos alunos aos quais foi apresentada a matéria através da RA, destacam-se as seguintes afirmações, que tiveram a concordância total dos alunos:

- As informações aprendidas através da experiência estimularam a minha curiosidade;
- O que aprendi sobre a tecnologia de RA foi surpreendente e inesperado;
- O primeiro contacto com a RA foi motivador e encorajador, tendo ficado com a impressão que seria fácil apreender a matéria;

- Gostei desta tecnologia e fiquei interessado em saber mais sobre este tópico;
- Gostei realmente de ter-me sido leccionada a matéria através da tecnologia RA.

Concluiu-se que a RA não só aumenta o rendimento dos alunos, como também foi bem recebida por todos.

Ao analisar os esboços, feitos pelos dois grupos de alunos, de cada elemento pôde observar-se que aqueles que aprenderam a matéria através dos métodos tradicionais fazem os esboços tendencialmente em 2D, como se pode observar na figura 5.22, o que é logico visto que ao longo do curso aprenderam as matérias com recurso a plantas, cortes e alçados. Pelo contrário, pode observar-se que os alunos que aprenderam a matéria através da RA têm tendência a fazer os esboços dos elementos em 3D, como se pode observar na ilustração 5.23, visto ser esta a imagem mental que lhes ficou na memória. Como já foi referido, uma imagem mental tridimensional de um objecto leva a uma maior compreensão do mesmo, assim como da ligação das suas partes, sendo este um aspecto fundamental na engenharia.

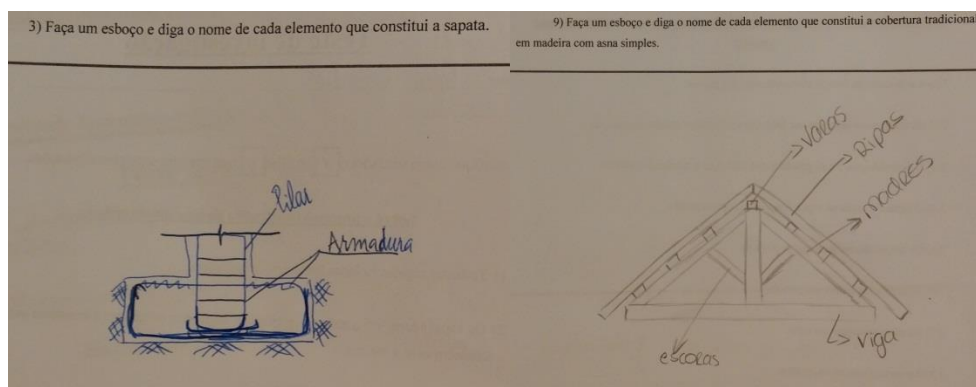


Figura 5.22 - Esboços realizados pelos alunos aos quais foi leccionada a matéria pelos métodos tradicionais

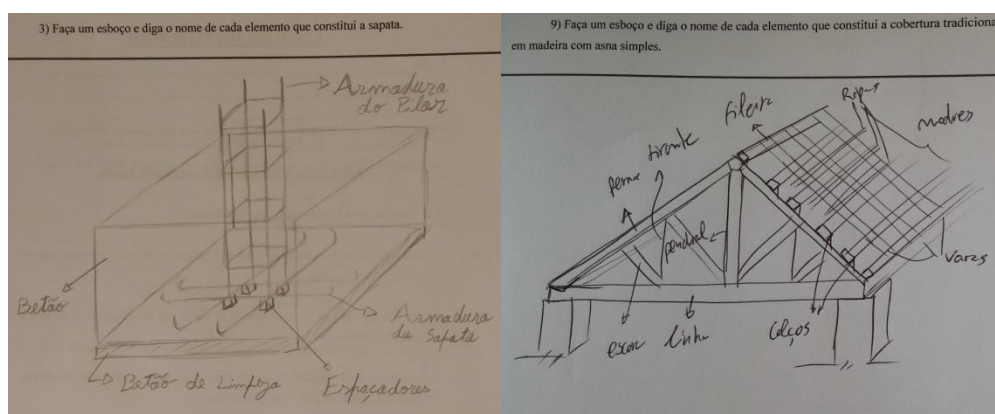


Figura 5.23 - Esboços realizados pelos alunos aos quais foi apresentada a matéria através da RA

Em relação às últimas duas perguntas do questionário feito aos alunos aos quais foi leccionada a matéria pelos métodos tradicionais, pode concluir-se que as respostas convergem para os mesmos temas.

A primeira pergunta é direccionada para as dificuldades que os alunos sentem em visualizar mentalmente certos conceitos leccionados nas aulas, às quais a maioria respondeu, círculo de Mohr, tensões, eixos de inércia, baricentros, pormenores construtivos, transmissão de esforços, alguns conceitos de mecânica dos solos, processos construtivos, conceitos de física das construções e transmissão de esforços em análise de estruturas.

A segunda pergunta faz referência a um possível investimento na tecnologia para apoiar os alunos, tendo em conta os recursos financeiros limitados, a maioria dos alunos respondeu que gostava de ter mais meios informáticos ao seu dispor, assim como mais vídeos explicativos ao invés de uma sucessão de imagens.

Em relação às últimas duas perguntas do questionário feito os alunos aos quais foi leccionada a matéria através da RA, pode concluir-se que as respostas também convergem para os mesmos temas.

A primeira pergunta é referente a que outras matérias e disciplinas os alunos gostavam de ver implementada a RA, a esta pergunta os alunos responderam de forma variada desde uma disciplina em concreto até todas do curso, onde se destacam as disciplinas de análise de estruturas, mecânica dos solos, tecnologias da construção, resistência dos materiais e física das construções.

A segunda pergunta é relativa ao investimento na tecnologia de RA para aprendizagem, onde a resposta foi unânime entre todos os alunos que responderam positivamente porque lhes traz várias vantagens, facilita a aprendizagem, a memorização e a visualização mental dos conceitos leccionados.

Através deste estudo pode observar-se que os alunos ficaram cativados pela relação dinâmica entre o real e o virtual, o concreto e o abstracto. Os estudantes demonstraram estar profundamente envolvidos com esta tecnologia devido ao facto de poderem manipular a informação (rodando e fazendo zoom), incentivando-os a explorar a mesma, conduzindo assim a um conhecimento mais aprofundado.

5.3. Objectivos propostos não atingidos

Os objectivos intermédios não cumpridos, foram:

O número reduzido da amostra, que deveu-se à falta de disponibilidade dos alunos motivada pela longa duração da experiência, teste e questionários;

O tema abrangido pela RA focou-se apenas nos métodos construtivos, faltando assim realizar a experiência noutros temas, que a presente dissertação, através da sua pesquisa bibliográfica,

ca, concluiu que a aplicação desta tecnologia seria vantajosa, sendo estes, os conceitos teóricos complexos e a visualização do fluxo de trabalho.

A concepção das imagens de RA também demonstrou ser um obstáculo difícil de ultrapassar, devido a muitas incompatibilidades entre os dois programas, tais como a textura, as dimensões, a quantidade de informação digital, a produção de filmes e as animações de elementos complexos.

6. CONCLUSÕES

Uma das características mais notáveis do sistema visual humano é a sua capacidade de visualização tridimensional. Porém, a evolução humana no que toca ao ensino levou-nos para um mundo bidimensional personificado pelo papel. Nomeadamente a aprendizagem da engenharia civil, arquitectura e construção exige um elevado esforço cognitivo no que toca à capacidade de visualização mental de estruturas, seus componentes e a forma como se relacionam e encaixam uns nos outros. A realidade aumentada, como ferramenta que melhora a visualização, vem responder a esta questão.

Os objectivos propostos pela presente dissertação foram alcançados, dado que se conseguiu modelar as imagens de RA com vista a apresentá-las aos alunos para assim medir as diferenças cognitivas entre aprender através dos métodos tradicionais e RA, e ainda qualificar a implementação desta tecnologia no ensino dos processos construtivos através da opinião dos alunos.

Com os objectivos cumpridos e através da análise mista dos resultados, verificaram-se as três hipóteses de estudo propostas pela presente dissertação.

Observou-se através da análise quantitativa dos resultados obtidos no teste que a compreensão dos processos construtivos associados à área das tecnologias da construção é melhorada através da RA. Concluindo-se assim que o sistema de ensino proposto pelo presente estudo deverá ser introduzido no processo educativo, dada a sua fácil usabilidade, custos muito reduzidos e por aumentar substancialmente a capacidade de aprendizagem dos alunos.

Verificou-se que a RA como ferramenta auxiliar de ensino aumenta o desempenho na velocidade e capacidade de apreensão da matéria por parte de todos os alunos, não se fazendo sentir nenhuma diferença entre os estratos da amostra. Visto que todos os alunos do grupo experimental acertaram praticamente todas as respostas do teste, pode concluir-se que o uso desta tecnologia acaba com a diferenciação entre “melhores e piores alunos”, colocando-os a todos no mesmo nível elevado de conhecimento. Assim, é possível pensar que o facto de haver presentemente uma grande diferença entre alunos com melhores e piores médias deve-se à falta de motivação proporcionada pela estagnação evolutiva dos métodos de ensino, estando estes desactualizados do meio ambiente dos dias de hoje.

A análise dos resultados obtidos demonstrou que a RA aplicada à educação vem diminuir as diferenças entre homens e mulheres nos resultados escolares, apesar das suas diferenças cognitivas - sobretudo pelo maior empenho e dedicação demonstrados por parte das mulheres enquanto alunas.

Tendo em conta a veracidade das hipóteses de estudo pode-se responder à questão central de investigação, no que diz respeito aos benefícios, limitações e requisitos da implementação da RA na educação dos profissionais da construção.

O estudo efectuado demonstrou que os dois grandes benefícios da implementação da RA no ensino da AEC são simplificar o trabalho dos professores e potenciar os resultados dos alunos. Contudo, por muito sofisticado que seja um sistema de RA, este pode falhar se não for apropriado para a prática adoptada ou por não considerar os requisitos do usuário. Desta forma o sucesso desta tecnologia consubstancia-se na compreensão entre o que o professor pensa ser fundamental, as necessidades individuais dos alunos e estilos de aprendizagem. Sendo os requisitos necessários à sua implementação a existência de designers instrucionais ou professores com competências nesta área; em relação ao material necessário aos alunos para que consigam visualizar as imagens de RA é um marcador e um dispositivo que lhe permita observar as imagens de RA.

A presente dissertação após responder à questão central de investigação preenche parte da lacuna de investigação, dado que aprofundou o conhecimento sobre a aplicação da RA na educação no sector da AEC.

Este estudo contribuiu para a ciência na perspectiva em que mostrou os benefícios, limitações, requisitos e opiniões dos alunos em relação à implementação da RA na aprendizagem dos processos construtivos. A presente dissertação trouxe luz a alguns aspectos até agora desconhecidos, abrindo portas para futuros campos de pesquisa.

O estudo efectuado demonstrou que a utilização da RA no ensino da AEC simplifica o trabalho dos professores e potencia os resultados dos alunos, concluindo-se assim que o seu uso deverá ser enraizado no sistema de ensino.

A RA estará em breve intrinsecamente ligada a todos os meios e processos da nossa sociedade, fazendo assim com que a aprendizagem através desta tecnologia se torne intuitiva. Seria portanto, mais fácil adaptarmos o ensino à realidade do que todos os alunos ao ensino.

6.1. Futuros campos de pesquisa

A conclusão deste estudo permitiu abrir caminho a futuros campos de pesquisa, no que diz respeito ao conhecimento sobre a aplicação da RA noutras matérias e disciplinas de engenharia civil; a presente dissertação debruçou-se sobre um dos problemas onde os alunos sentem maiores dificuldades - a visualização dos processos construtivos -, ficando ainda por testar os conceitos teóricos complexos e a visualização do fluxo de trabalho.

Para analisar a implementação da RA em cadeiras com elevada carga cognitiva - avaliado experimentalmente esses estudos - é imperativo que a avaliação recaia em sistemas ou métodos diferentes do apresentado pela presente dissertação. A variedade de hipóteses levantadas é essencial para se conseguir definir a eficácia de sistemas ou métodos.

Seria importante estudar a viabilidade de gabinetes dedicados à produção e desenvolvimento de programas de cadeiras que incorporem imagens e vídeos de RA. Para que professores e

designers instruccionais, em parceria, concebam um novo projecto educacional explorando as potencialidades desta nova tecnologia.

Sendo a RA uma ferramenta que melhora a visualização, seria benéfico testá-la noutros campos como a Arquitectura e a Construção, visto estes dependerem largamente da visualização.

Em que medida a implementação da RA na educação irá condicionar a avaliação dos alunos seria também outra questão de investigação interessante a explorar, assim como: qual o modo mais vantajoso de relacionar a tecnologia de RA com professores e alunos; quais as perspectivas e opiniões dos professores em relação à implementação da RA no ensino e como estes utilizarão esta ferramenta no leccionamento das matérias. Após a realização destes estudos, e se se considerar benéfico a implementação da RA na educação, deverá ser feita uma análise que incida sobre o custo benefício, de forma a saber a viabilidade da sua implementação na educação.

Os excelentes resultados obtidos na experiência podem dever-se em parte ao facto de os alunos terem tido pela primeira vez contacto com esta tecnologia, fazendo aumentar substancialmente a sua motivação. Assim, para averiguar este aspecto é necessário fazer um estudo em que se avalie os resultados dos alunos ao longo de um período de tempo alargado.

Os investigadores devem abordar mais especificamente a utilidade da RA a partir de uma perspectiva psicológica, desenvolvendo uma teoria para descrever e prever os resultados no espaço de aprendizagem onde o real combina com o virtual.

Para que a RA seja implementada com sucesso na educação, funcionando como ferramenta auxiliar de ensino, é necessário que estudos futuros analisem múltiplas perspectivas, utilizando diferentes hardwares, softwares, marcadores, sistemas de apoio ao ensino, métodos e processos de aprendizagem que envolvam outras teorias como as Teorias Comportamentalistas; Teorias Cognitivistas; Teorias Construtivistas e Teorias Humanistas. Para que, aquando da sua implementação se consiga beneficiar das máximas capacidades desta tecnologia.

7. BIBLIOGRAFIA

- Allen, E. e Seaman, C. "Likert Scales and Data Analyses" *Quality Progress*, 64-65, 2007.
- Armstrong, R. "The midpoint on a Five-Point Likert-Type Scale" *Perceptual and Motor Skills*: vol. 64, 359-362, 1987.
- Behzadan, H. e Kamat, V. "Enabling discovery based learning in construction using telepresent augmented reality" *Autom. Constr.*, 2012.
- Behzadan, A.; Asif, I.; Kamat, V. "A collaborative Augmented Reality based modeling environment" 3573-3581, 2011.
- Brown, S. e Lewis D. "Student understanding of normal and shear stress and deformations in axially loaded members" *ASEE National Conference and Exposition*. Louisville, 2010.
- Brown, S. e Montfort, D. "Student understanding of states of stress in mechanics of materials" *ASEE Annual Conference & Exposition*. Honolulu, 2007.
- Brown, S. e Montfort, D. "An investigation of student understanding of shear and bending moment diagrams" *Begell House Publishing*: 81-101, 2008.
- Brünken R. e Plass, J. "Direct Measurement of Cognitive Load in Multimedia Learning" vol. 38, no. 1, 53-61, 2003.
- Burns, A.; Burns, R. "Basic Marketing Research" New Jersey: Pearson Education, 245-252, 2008.
- Bujak, K.; Radu, I.; Catrambone, R.; MacIntyre, B.; Zheng, R.; Golubski, G. "A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom" *Comput. Educ.*, vol. 68, 536-544, 2013.
- Camparo, J. e Lorinda B. Camparo, L. "The Analysis of Likert Scales Using State Multiples" *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, vol. 38, 81-101, 2013.
- Clemente, J. e Cachadinha, N. "Building Information Modeling como ferramenta de visualização de realidade aumentada em obras de reabilitação" 2012.
- Denzin, N. e Lincoln, Y. "The Sage Handbook of Qualitative Research" Thousand Oaks, CA: Sage, 2005.
- Dollar, A. e Steif, P. "Understanding internal loading through hands-on experience" *ASEE Annual Conference & Exposition*, 2002.
- Dong, S.; Behzadan, A.; Chen, F.; Kamat, V. "Collaborative visualization of engineering processes using tabletop augmented reality" *Adv. Eng. Softw.*, vol. 55, 45-55, Jan. 2013.
- El Sayed, N.; Zayed, H.; Sharawy, M. "ARSC: Augmented reality student card" *Comput. Educ.*, vol. 56, no. 4, 1045-1061, 2011.
- Freitas, H. "Análise de dados qualitativos: Aplicação e tendências Mundiais em sistemas de informação" no. 4, 84-102, 2000.
- Freitas H. e Moscarola, J. "Análise qualitativa em formulário interativo: rumo a um modelo cibernético conjugando análises léxica e de conteúdo" 1-17, 2004.
- Glick, S.; Porter, L.; Clevenger, C. "System Component Visualization: The Role of 3D Models in Construction Management Education" 2004.
- Gutierrez, J.; Guinters, E.; Lopez, D. "Improving strategy of self-learning in engineering: laboratories with augmented reality" vol. 51, 832-839, 2012.
- Hair, J.; Anderson, R.; Tatham, R.; Black, W. "Multivariate Data Analysis" Prentice Hall, 1995.
- Hart, S. "NASA-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later" *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting*, 904-908. Santa Monica: HFES, 2006.
- Hou, L. e Wang, X. "A study on the benefits of augmented reality in retaining working memory in assembly tasks: A focus on differences in gender" *Autom. Constr.*, vol. 32, 38-45, Jul. 2013.
- Keller, J. "Development and use of the ARCS model of motivational design" *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2-10, 1987.

Kelly, J. e Corkins, J. "Using concept-building context modules with technology and the 5E pedagogy to promote conceptual change in materials science" ASEE National Conference and Exposition. Austin, Texas, 2009.

Kesim, M. e Ozarslan, Y. "Augmented reality in education : current technologies and the potential for education," vol. 47, no. 222, 297–302, 2012.

Kitto, K. "Analyzing what students write about materials - Another strategy for developing conceptual knowledge in a materials engineering course" ASEE/IEEE Frontiers in Education. Milwaukee, WI, 2007.

Krause, S. e Decker, J. "Using a materials concept inventory to assess conceptual gain in introductory materials engineering courses" ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. Boulder, CO, 2003.

Krause, S. e Decker, J. "Identifying student misconceptions in introductory materials engineering classes" ASEE Annual Conference & Exposition, 2003.

Krause, S e Birk, J. "Development, testing, and application of a chemistry concept inventory" ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. Savannah, GA: 1-5, 2004.

Krause, S e Tasooji, A. "Origins of misconceptions in a materials concept inventory from student focus groups" ASEE Annual Conference & Exposition, 2004.

Korakakis, G.; Pavlatou, E.; Palyvos, J.; Spyrellis, N. "3D visualization types in multimedia applications for science learning: A case study for 8th grade students in Greece" Comput. Educ., vol. 52, no. 2, 390–401, 2009.

Kulik, J. "Meta-analytic studies of findings on computer-based instruction" Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1994.

Landsheere, G. "Dictionnaire de l'évaluation et de la recherche en education" Paris: Presses Universitaires de France, 1979.

Levy, P. e Lemeshow, S. "Population; Sampling (Statistics); Statistical methods" Ney York, 1991.

Liarokapis, F.; Mourkoussis, N.; White, M.; Darcy, J.; Sifniotis, M.; Petridis, O. "Wed3D and Augmented Reality to support Engineering and technology Education" 3(1), 11-14, 2004.

Lin, T.; Duh, H.; Li, N.; Wang, H.; Tsai, C. "An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system" Comput. Educ., vol. 68, 314–321, 2013.

Lyberg, L. e Kasprzyk, D. "Data Collection Methods and Measurement Error: An Overview" New York: Wiley, 1991.

Margetis, G.; Zabulis, X.; Koutlemanis, P.; Antona, M.; Stephanidis, C. "Augmented interaction with physical books in an Ambient Intelligence learning environment" Multimed. Tools Appl., vol. 67, no. 2, 473–495, 2012.

Gutiérrez, J.; Saorín, J.; Contero, M.; Alcañiz, M.; López, D.; Ortega, M. "Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students" Comput. Graph., vol. 34, no. 1, 77–91, 2010.

Mayer, R. "Cognitive Theory and the Design of Multimedia Instruction: An Example of the Two-Way Street Between Cognition and Instruction" New Directions for Teaching and Learning, 55–71, 2002.

Mayer, R. "The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media" Learning and Instruction, 2003.

Merriënboer, J. e Ayres, P. "Research on cognitive load theory and its design implications for e-learning" Educational Technology Research & Development, vol. 53, 5–13, 2005.

Merriënboer, J.; Kirschner, P.; Kester, L. "Taking the load off a learner's mind: Instructional design for complex learning" Educational Psychologist, vol. 38, 5–14, 2003.

Merriënboer, J. e Sweller, J. "Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions" Educational Psychology Review, vol. 17, 147–177, 2005.

Miles, M. e Huberman, A. "Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook" Newbury Park, CA: Sage, 1994.

Montfort, B. "Conceptual and epistemological undercurrents of learning as a process of change" Washington, 2011.

Montfort, D. e Brown, D. "An investigation of students' conceptual understanding in related sophomore to graduate-level engineering and mechanics courses" *Journal of Engineering Education* 98(2), 2009.

Messner, J.; Yerrapathruni, S.; Baratta, A.; Whisker, V. "Using virtual reality to improve construction engineering education" *ASEE Annual Conference*, Nashville, 2003.

Myers, M. "Interpretive research methods in information systems" London: McGraw-Hill, 239–66, 1997.

Nee, A.; Ong, S.; Chryssolouris, G.; Mourtzis, D.; "CIRP Annals - Manufacturing Technology Augmented reality applications in design and manufacturing" *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 61, no. 2, 657–679, 2012.

Paper, W. "Lean Construction - Advances, Technology" Intergraph, 2012.

Paas, F.; Tuovinen, J.; Tabbers, H.; Van Gerven, P. "Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory" *Educational Psychologist*, vol. 38, 63–71, 2003.

Perdomo, J.; Shiratuddin, M.; Thabet, W.; Ananth, A. "Interactive 3D Visualization As A Tool For Construction Education" 23–28, 2005.

Popper, R. "The Logic of Scientific Discovery" Hutchinson, London, 1980.

Popper, R. "Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge" Routledge, London, 1989.

Potelle, H. e Rouet, J. "Effects of content representation and readers' prior knowledge on the comprehension of hypertext" *International Journal of Human-Computer Studies*, 58(3), 327–345, 2003.

Redondo, E.; Navarro, I.; Riera, A.; Fonseca, D. "Augmented Reality on architectural and building engineering learning processes" 1269–1279, 2012.

Rubio, S.; Díaz, E.; Martín, J.; Puente, J. "Evaluation of Subjective Mental Workload: A Comparison of SWAT, NASA-TLX, and Workload Profile Methods," vol. 53, no. 1, 61–86, 2004.

Sacks, R.; Treckmann, M.; Rozenfeld, O. "Visualization of Work Flow to Support Lean Construction" 1307–1316, 2009.

Sacks R. e Barak, R. "Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education" 30–39, 2010.

Salmi, H.; Kaasinen, A.; Kallunki, V. "Towards an Open Learning Environment via Augmented Reality: visualising the invisible in science centres and schools for teacher education" vol. 45, 284–295, 2012.

Sampaio A. e Henriques, P. "Virtual Reality Models used on the Visualization of Construction Activities in Civil Engineering Education" 56–61, 2007.

Schacter, J. "The impact of education technology on student achievement: What the most current research has to say" *Milken Exchange on Educational Technology*, 1999.

Serio, A.; Ibáñez, M.; Kloos, C. "Impact of an augmented reality system on students motivation for a visual art course" *Comput. Educ.*, vol. 68, 586–596, 2013.

Sivin-Kachala, J. "Report on the effectiveness of technology in schools, 1990-1997" *Software Publishers Association*, 1998.

Strauss, A. e Corbin, J. "Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques" Newbury Park, CA: Sage, 1990.

Streveler, R. e Geist, M. "Identifying and investigating difficult concepts in engineering mechanics and electric circuits" *ASEE Annual Conference and Exposition*. Chicago, 2006.

Steif, P. "Enriching statics instruction with physical objects" *ASEE Annual Conference & Exposition*, 2002.

Steif, P. "Comparison Between Performance on a Concept Inventory and Solving of Multifaceted Problems" *ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*. Boulder, CO, 2003.

Steif, P. e Dollar, A. "A new approach to teaching and learning statics" *ASEE Annual Conference & Exposition*, 2003.

Steif, P. e Dollar, A. "Results from a Statics Concept Inventory and their Relationship to other Measures of Performance in Statics" *ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*. Indianapolis, IN, 2005.

Steif, P. e Hansen, M. "Feeding back results from a statics concept inventory to improve instruction" ASEE Annual Conference & Exposition, 2006.

Steif, P e Lobue, J. "Improving problem solving performance by inducing talk about salient problem features" *Journal of Engineering Education* 99(2): 135-142, 2010.

Sweller, J. "The redundancy principle in multimedia learning" Cambridge, UK: Cambridge University Press, 159–167, 2005.

Van der Land, S.; Schouten, A.; Feldberg, F.; Van den Hooff, B.; Huysman, M. "Lost in space? Cognitive fit and cognitive load in 3D virtual environments" *Comput. Human Behav.*, vol. 29, no. 3, 1054–1064, 2013.

Vessey, I. "Cognitive fit: A theory based analysis of the graphs versus tables' literature. *Decision Sciences*" 22(2), 219–240, 1991.

Vessey, I. "The theory of cognitive fit: One aspect of a general theory of problem solving" Armonk, NY: M.E. Sharpe, 2006.

Vicente, P.; Reis, E.; Ferrao, F. "Sondagens - A amostragem como factor decisivo de qualidade" 2ª ed. 2001.

Walsham, G. "Interpretive case studies in IS research: nature and method" *European Journal of Information Systems*, 4(2), 74–81, 1995.

Wisdom, J. "Mixed Methods : Integrating Quantitative and Qualitative Data Collection and Analysis While Studying Patient-Centered Medical Home Models" 2013.

Wojciechowski, R. e Cellary, W. "Computers & Education Evaluation of learners attitude toward learning in ARIES augmented reality environments" 1–16, 2013.

Wu, H.; Lee, S.; Chang, H.; Liang, J. "Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education" *Comput. Educ.*, vol. 62, 41–49, 2013.

Wu, C. e Chiang, M. "Effectiveness of applying 2D static depictions and 3D animations to orthographic views learning in graphical course" *Comput. Educ.*, vol. 63, 28–42, 2013.

Yu, H.; Tweed, T.; Al-Hussein, M.; Nasser, R. "Development of Lean Model for House Construction Using Value Stream Mapping" *Journal of Construction Engineering and Management* 135 (8), 782-790, 2009.

8. ANEXOS

Anexo I

Teste de investigação

Nome: _____

Nº _____

Classifique como verdadeiro ☐ V ou falso ☐ F cada uma das seguintes afirmações.

Sobre o processo construtivo de uma sapata isolada:

☐

1.1) Todas as sapatas isoladas precisam de cofragem.

☐

1.2) Os espaçadores colocam-se por cima da terra para evitar que a armadura entre em contacto com a mesma.

☐

1.3) Devido aos esforços na zona superior da sapata esta tem que levar no mínimo a armadura mínima.

☐

1.4) Armadura de distribuição da sapata coloca-se segundo a distribuição de esforços, maioritariamente na parte inferior da mesma.

☐

1.5) A armadura do pilar liga-se á armadura da sapata antes da betonagem.

2) Enumere por ordem as fases construtivas de uma sapata isolada.

3) Faça um esboço e diga o nome de cada elemento que constitui a sapata.

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for a student to draw a sketch of a foundation element (sapata) and label its parts.

Sobre o processo construtivo de uma parede dupla com caixa-de-ar:☐

4.1) Numa parede dupla construída pelo exterior o pano interior é o primeiro a ser construído.

☐

4.2) O isolamento térmico, coloca-se em contacto com o pano exterior na parte interior do mesmo.

☐

4.3) A colocação dos tijolos em cada pano de alvenaria é feita de forma alternada.

☐

4.4) Para garantir que o ar circule na caixa-de-ar, devem fazer-se furos na parte inferior da parede.

☐

4.6) Numa parede dupla construída pelo exterior retira-se a serapilheira ou os rolos de papel, que estavam a proteger a caleira dos desperdícios de argamassa, através dos espaços deixados na 2ª fiada do pano interior.

5) Enumere por ordem as fases construtivas de uma parede dupla construída pelo exterior.

6) Faça um esboço e diga o nome de cada elemento que constitui a parede dupla.

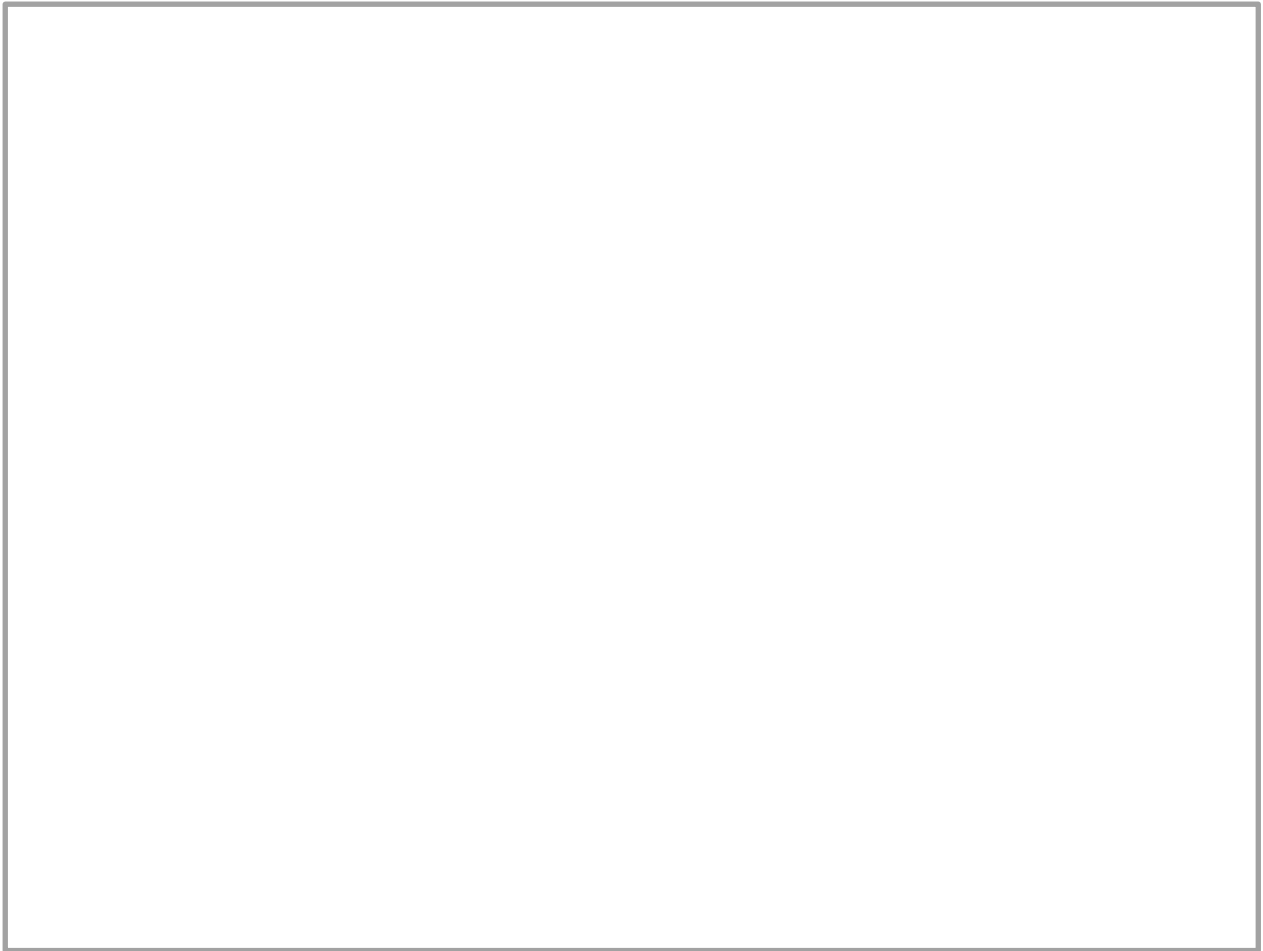


Sobre o processo construtivo de uma cobertura tradicional em madeira com asna simples:

- ☐ 7.1) A colocação da linha é efectuada antes das pernas.
- ☐ 7.2) Os entalhes no pendural são feitos para um melhor encaixe das escoras.
- ☐ 7.3) A assemblagem, Pé de galinha serve para ligar o pendural às escoras.
- ☐ 7.4) O pendural apoia na viga e serve de suporte as pernas.
- ☐ 7.5) Os calços servem para apoiar as varas.
- ☐ 7.6) As madres assentam nas pernas.
- ☐ 7.7) As varas assentam nas ripas.
- ☐ 7.8) As varas assentam nas madres.
- ☐ 7.9) A colocação das telhas é feita de baixo para cima e da esquerda para a direita.

8) Enumere por ordem as fases construtivas de uma cobertura tradicional em madeira com asna simples.

9) Faça um esboço e diga o nome de cada elemento que constitui a cobertura tradicional em madeira com asna simples.



Anexo II

Nome: _____

Nº _____

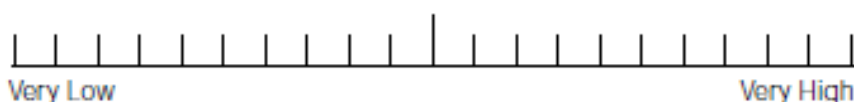
NASA Task Load Index

Hart and Staveland's NASA Task Load Index (TLX) method assesses work load on five 7-point scales. Increments of high, medium and low estimates for each point result in 21 gradations on the scales.

Name	Task	Date
------	------	------

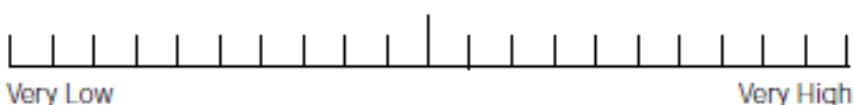
Mental Demand

How mentally demanding was the task?



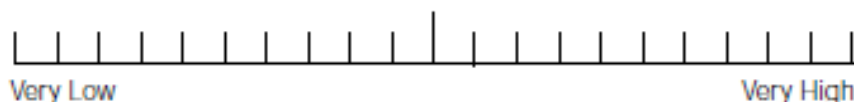
Physical Demand

How physically demanding was the task?



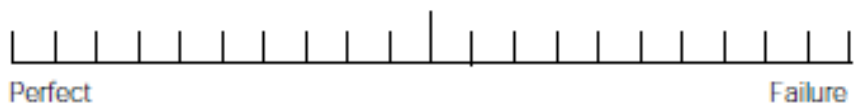
Temporal Demand

How hurried or rushed was the pace of the task?



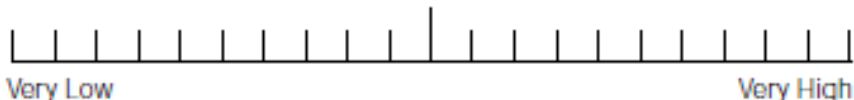
Performance

How successful were you in accomplishing what you were asked to do?



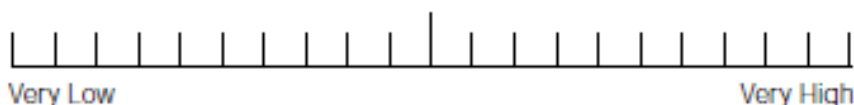
Effort

How hard did you have to work to accomplish your level of performance?



Frustration

How insecure, discouraged, irritated, stressed, and annoyed were you?

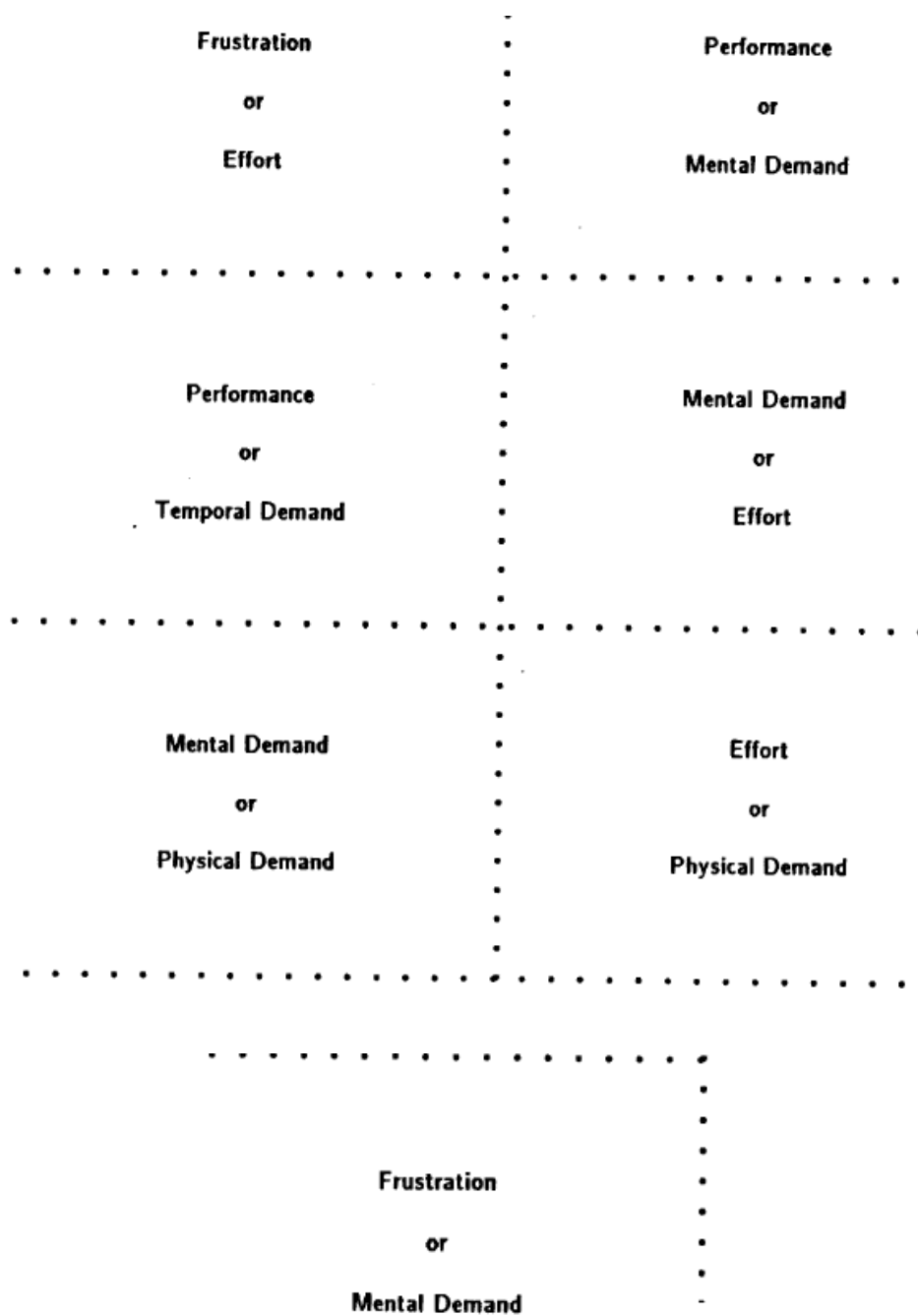


TITLE	ENDPOINTS	DESCRIPTIONS
MENTAL DEMAND	Low/High	How much mental and perceptual activity was required (e.g. thinking, deciding, calculating, remembering, looking, searching, etc.)? Was the task easy or demanding, simple or complex, exacting or forgiving?
PHYSICAL DEMAND	Low/High	How much physical activity was required (e.g. pushing, pulling, turning, controlling, activating, etc.)? Was the task easy or demanding, slow or brisk, slack or strenuous, restful or laborious?
TEMPORAL DEMAND	Low/High	How much time pressure did you feel due to the rate or pace at which the task or task elements occurred? Was the pace slow and leisurely or rapid and frantic?
PERFORMANCE	Good/Poor	How successful do you think you were in accomplishing the goals of the task set by the experimenter? How satisfied were you with your performance in accomplishing these goals?
EFFORT	Low/High	How hard did you have to work (mentally and physically) to accomplish your level of performance?
FRUSTRATION LEVEL	Low/High	How insecure, discouraged, irritated, stressed, and annoyed versus secure, gratified, content, relaxed, and complacent did you feel during the task?

Cartões de comparação

<p>Effort</p> <p>or</p> <p>Performance</p>	<p>Temporal Demand</p> <p>or</p> <p>Frustration</p>
<p>Temporal Demand</p> <p>or</p> <p>Effort</p>	<p>Physical Demand</p> <p>or</p> <p>Frustration</p>
<p>Performance</p> <p>or</p> <p>Frustration</p>	<p>Physical Demand</p> <p>or</p> <p>Temporal Demand</p>
<p>Physical Demand</p> <p>or</p> <p>Performance</p>	<p>Temporal Demand</p> <p>or</p> <p>Mental Demand</p>

15



Anexo III

Questionário

Nome: _____

Nº _____

- 1) Quando estava a resolver o teste realizei um elevado esforço mental para lembrar-me da matéria leccionada através dos métodos tradicionais.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

- 2) No teste de investigação enganei-me em algumas perguntas de verdadeiro e falso devido a não ter visualizado mentalmente cada um dos elementos, o que tive de fazer para conseguir realizar o esboço de cada um deles.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

- 3) A forma como a matéria foi apresentada ajudou-me a compreender o processo construtivo de uma sapata isolada.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

- 4) A forma como a matéria foi apresentada ajudou-me a compreender o processo construtivo de uma parede dupla com caixa-de-ar.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

- 5) A forma como a matéria foi apresentada ajudou-me a compreender o processo construtivo de uma cobertura tradicional em madeira com asna simples.



- 6) A forma como a matéria foi apresentada ajudou-me a compreender como cada elemento se encaixa no conjunto.



- 7) Aprender a matéria pelos métodos tradicionais ajudou a captar a minha atenção.



- 8) A qualidade dos slides, plantas, cortes e textos explicativos ajudou a manter a minha atenção.



- 9) A forma como a informação é organizada utilizando os métodos tradicionais, ajudou a manter minha atenção.



- 10) As imagens e textos através dos quais aprendi a matéria foram desagradáveis.



11) A utilização dos métodos de leccionamento utilizados ajuda-me a lembrar a informação aprendida.



12) Posso concentrar-me melhor com os métodos tradicionais do que com imagens virtuais.



13) Prefiro visualizar vídeos do que ler textos.



14) Depois de aprender a matéria através dos métodos tradicionais, fiquei confiante de que seria capaz de responder correctamente às perguntas do teste de investigação.



15) É difícil relacionar a informação aprendida pelos métodos tradicionais com as imagens reais.



16) A exposição e organização do conteúdo ajudou-me a compreender a matéria.



17) Considero que aprender através dos métodos utilizados é adequado ao ensino das engenharias em particular às tecnologias de construção.



Perguntas de resposta aberta:

- 1) Em que tipo de matérias relativas ao curso de engenharia civil, sente mais dificuldade em visualizar mentalmente a matéria exposta e as questões abordadas?

- 2) Tendo presente que os recursos financeiros são limitados, pensa que seria vantajoso o investimento noutros tipos de tecnologia para a aprendizagem? Quais?

Anexo IV

Questionário

Nome: _____

Nº _____

- 1) Quando estava a resolver o teste de investigação realizei um elevado esforço mental para lembrar-me da matéria leccionada através das imagens de Realidade Aumentada (RA).

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

- 2) No teste de investigação enganei-me em algumas perguntas de verdadeiro e falso devido a não ter visualizado mentalmente cada um dos elementos, o que tive de fazer para conseguir realizar o esboço de cada um deles.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

- 3) A forma como a matéria foi apresentada ajudou-me a compreender melhor o processo construtivo de uma sapata isolada.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

- 4) A forma como a matéria foi apresentada ajudou-me a compreender melhor o processo construtivo de uma parede dupla com caixa-de-ar.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

- 5) A forma como a matéria foi apresentada ajudou-me a compreender melhor o processo construtivo de uma cobertura tradicional em madeira com asna simples.



- 6) A forma como a matéria foi apresentada ajudou-me a compreender melhor como cada elemento se encaixa no conjunto.



- 7) A tecnologia de RA foi-me apelativa no primeiro contacto.



- 8) A qualidade das imagens de RA ajudou a manter a minha atenção.



- 9) A forma como a informação é organizada utilizando a tecnologia de RA, ajudou a manter minha atenção.



- 10) As imagens e textos através dos quais aprendi a matéria foram desagradáveis.



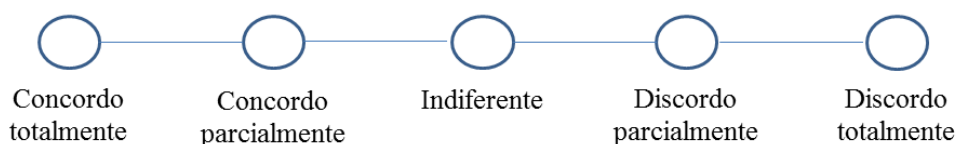
11) Utilizando a tecnologia de RA ajuda a lembrar-me da informação aprendida.



12) Posso concentrar-me melhor com este sistema do que a estudar um livro.



13) Prefiro visualizar vídeos de que ler textos.



14) Depois de aprender a matéria com a ajuda da RA fiquei confiante de que seria capaz de responder correctamente às perguntas do teste de investigação.



15) Foi difícil relacionar a informação digital com as imagens reais.



16) A exposição e organização dos conteúdos ajudou-me a compreender a matéria.



17) Considero esta forma de leccionar a matéria apelativa e adequada ao ensino das engenharias em particular às tecnologias de construção.

☐ — ☐ — ☐ — ☐ — ☐
 Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

18) As informações aprendidas através da experiência estimularam a minha curiosidade.

☐ — ☐ — ☐ — ☐ — ☐
 Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

19) O que aprendi sobre a tecnologia de RA foi surpreendente e inesperado.

☐ — ☐ — ☐ — ☐ — ☐
 Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

20) A aprendizagem com recurso à RA foi mais divertida do que utilizando os métodos tradicionais em sala de aula.

☐ — ☐ — ☐ — ☐ — ☐
 Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

21) Os modelos 3D que me foram apresentados são apelativos e interessantes.

☐ — ☐ — ☐ — ☐ — ☐
 Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

22) O primeiro contacto com a RA foi motivador e encorajador, tendo ficado com a impressão que seria fácil apreender a matéria.

☐ — ☐ — ☐ — ☐ — ☐
 Concordo totalmente Concordo parcialmente Indiferente Discordo parcialmente Discordo totalmente

23) Gostei desta tecnologia e fiquei interessado em saber mais sobre este tópico.



24) Gostei realmente de ter-me sido leccionada a matéria através da tecnologia RA.



Perguntas de resposta aberta:

1) Em que outras matéria e disciplinas gostaria que fosse aplicado este tipo de tecnologia?

2) Tendo presente que os recursos financeiros são limitados, pensa ser vantajoso o investimento neste tipo de tecnologia para a aprendizagem? Porquê?
